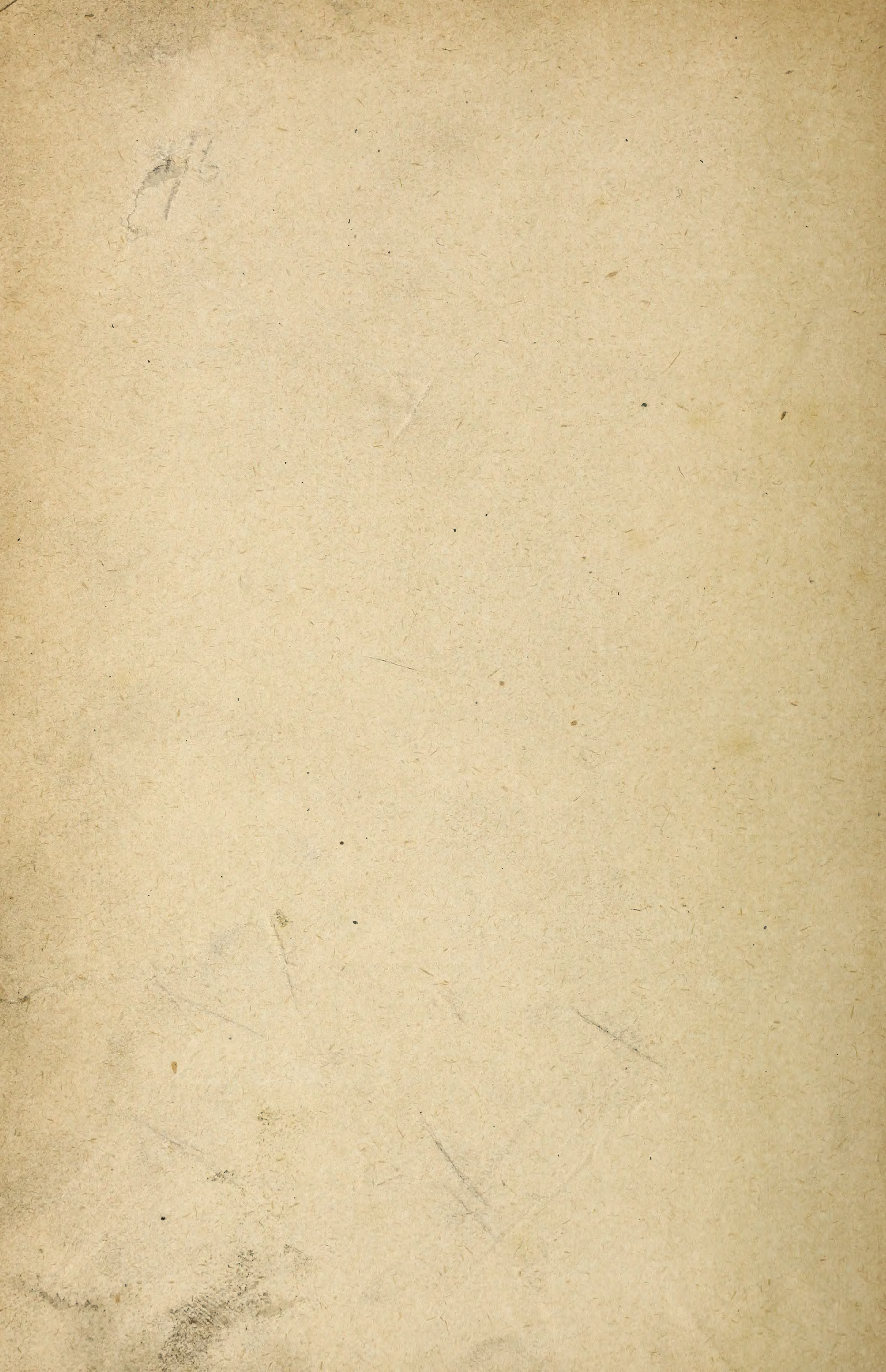

00016854904
UNIVERSITY OF N.C. AT CHAPEL HILL

K1 11-53 2115

Astronomy
Chemistry
Physiology



ספר

עץ הדעת

יכיל בקרבו חכמת הטבע כלה, חכמת התכונה,
חכמת החמיה, וחכמת הפיזאלגיע.

כל כחות הטבע, הנאצלים מראש ויסוד בריאת כל החמרים
הוא האֶטהער יסוד העולם ועמוד החיים.

ונחמד העץ להשכיל!

חברו

הח' ר' משה אהרן וויזאנסקיע (פיהענעטט) בן יחיאל
יליד קאלוואריע

הובא לביה"ד ע"י דוד הורוויץ משדה לבן (פלך קיוב)

ווארשא
שנת תרנ"ג לפ"ק
בדפוס של ר' אפרים בוימריטטער ברחוב דזיקא נומר 44

Эйцъ-Гадаасъ

т. е. Дерево знанія

сост. М. А. Вижанскій

ВАРШАВА
Типо-лит. Ф. Баумриттера улица Дикая № 44.
1893

Дозволено Цензурою
Варшава, 3 Февраля 1893 г.

ועץ הדעת יסתעף לשריגים, הם ספרים פרטים.

הספר הראשון

הוא

גיא חזיון

מבאר

מהות האור לכל משפטיו וחקותיו,
תכונותיו וכחותיו.

מאת

החו׳ ר׳ משה אהרן וויזאנסקיע (פיהענעטט) בן יחיאל
יליד קאלגואריע

הובא לביה״ד ע״י דוד הורוויץ משרה לבן (פלך קיוב)



ווארשא

שנת תרנ״ג לפ״ק

לכבוד

אוהב דבק מאח, יקר רוח ובעל נפש עדינה,
אשר נפשי קשורה בנפשו

שמואל (יחזקאלי) לאנדרע!

אגיש ספרי זה למזכרת אהבה-נצחית ולפה בעד רגשות נפשי.

ברגשי כבוד ואהבה נאמנה

המחבר.

תֹּכן העניַנים

I עצמית האור.

II ציורי האור.

III מראות עקומות.

IV האור בעברו איזה גשם.

V מבנה העין.

VI ראות העין.

VII קרני חזות

VIII כלי הראות



אל קהל הקוראים!

כל קורא אשר יקרא את דברי והוא, או כי לא יבין היטב את רעיוני באיזה פרק, או כי ימצא סתירה לדברי יוכל להריץ אלי מכתב, אשר בו יודיעני מכל שאלותיו ודבריו – דברי בקרת, ואני אקבל עלי העמל לענות לכל שואל, דורש ומבקר לפי משאלותיו, חפצו ודברו.

ברגשי כבוד.

המחבר.

I

עצמיות האור

א

משא חזיון

ויירא אלהים את האור כי טוב.
(בראשית א)

מה נשגבו פעולות הטבע, ומה רמו עלילותיה! לו שם האדם אל לבו להבין את כל מעשה הטבע ועיניו פקח על חקותיה כי אז אך נפלאות תחזינה עיניו. ומי יודע עד כמה וכמה גדולות ונצורות תגלנה לעיני האדם לתועלתו ולתועלת מין האנושי! אבל לדאבון לב החכמים אך מעט מזער ישימו לבם לדעת דרכי הטבע הנפלאים. ישנם אנשים משכילים בכל דרכיהם ולא השם אלקי' חכמה להבין דבר לאשורו ובכל זאת רחקו מדעת דרכי הטבע הרמים והנשגבים. ועוד ישנם נרגנים באהליהם אשר יטיחו עליה תפל לאמר כי תתנגד להאמונה הטהורה וגם האנשים אשר קדוש יאמר להם בוז יבוזו לה וזה כל התחסדם והטהרם בשטמם את הטבע בכל לב ונפש. אכן רוח היא באנוש ולו המשפט לשנוא את האהוב ולרחק את הקרוב. אולם לו התבוננו אל כל מעשה הטבע בלי איבה מוקדמת אז אחרת ראתה עינם ולא חפו עלי דברים אשר לא כן. כי מלבד אשר לא תתנגד לאמונתנו עוד תתן סעד לדבריה והאיש אשר שאר רוח לו יראה את כל זאת בעיניו ולבבו יבין ושב וקרב אשר רחק. כי מלך ביפיו תחזינה עיניו יושב על כסא דין ושבט מישור בידו הוא הטבע בה את עולמו ינהג בה רמים ישפוט.

הנה אם נפן לראות חקות שמים ותהליכות הככבים צבא השמש ותנועתם סביביו ממשיכת השמש אותן. ישמע הלץ ויתלוצץ ויאמר: „הן כל אשר לאבינו לקחו ונתנו להטבע" יבא יום ויכנו את כל בשם מעשה הטבע, ולאל יאמרו סור ממנו, אבל שגה ברואה מתלוצץ כזה כי מי ברא כחות הטבע כלהם ומי שם משטרם בארץ אם לא האל הנאדר בכח ונאזר

בגבורה? וכל מעשה הטבע אשר בהם עולם יוסד אך מעשה ידיו המה, ובכן אחת היא לנו אם נאמר: אל עולם עושה כל, או נאמר יד הטבע עשתה כל, כי כח הטבע כח האל הוא, ואם יש בנו שורש פורה ולענה האומר כי אך הטבע ברא הכל ובמקרה נבראו כלהם הלא במהרה נראה אולתו: בהתבוננות אך מעט בחקי כח המושך בצבא השמים והתגלגלות ככבי לכת סביב השמש בתמונת עליפזע בסבת כח המושך הנפלא אשר נטע ד׳ בגלגל הראשי ביום ברוא ד׳ ארץ ושמים, ובכל צבא השמים ישמור כל אחד את דרכו ומסלתו ולא יעבטון אורחותם כל הימים, ועתה מי פתי יגיד כי במקרה נעשה כל זאת? — ואם נפן לראות את תורת חיי הצמחים והחיים ונתבונן על כח החיים הנטוע בהם, איך יפליאו להרכיב יסודות חימים שונים ויוציאו פרי למינהו הנחמד במראהו והנעים בטעמו, עד אשר תלא יד החוקרים למצא מוצאי ומובאי היסודות ההם, כי אצבע אלהים הוא, הבמקרה נעשו כל אלה? אך אויל ומשוגע יאמר כן, אמנם יש גם חלק רב מאנשי שם אשר יאמרו מה נועיל כי נחקור וכי נמצא חדת הטבע ומה יתרון לאדם בעמלו זה, אך עורים המה לראות את כל התועלת הרבה אשר הביאה החקירה בכל מקצועות החיים בפרט להתוכנים אשר ע״י הטבע מצאו פשר דבר מהלך כל צבא השמים, גם אלה לא לחכמים אשר יאמרו: ומי יאמין לדברי התוכנים אשר יתאמרו בפיהם לאמר כי מצאו מדת השמש והירח וכל צבאם אף מצאו מדת ומשקל הארץ, כי מי עלה למרום וקנה המדה בידו? — וכדומה, אבל גם אלה לא ברעת ידברו ודבריהם לא בהשכל, ולא מחכמה שאלו כזאת, כי לו שמו לבם להבין תחבולותיהם ולהתבונן על מופתיהם אז ראו כי אך על אדני האמת כל דבריהם הטבעו ואין להכחישם, ועלינו לשבח לחוקרי הטבע אשר עזרו לחכמי התכונה לגלות לנו דברים העומדים ברום העולם להשיב נפש שוקקה למדעים ולפקוח עינים עורות לראות נפלאות תמים דעות.

מכל נפלאות הטבע יקח האור מקום בראש. ע״כ נלכה נא עתה לבאר את כל חקיו ומשפטיו כד יכלתנו אשר הביא אלקי בידנו. כאשר נתבונן לחקר האור נפגוש בראש דרך שתי שאלית הא) מהותו, מהו האם דבר גשמי הנמצא נפרד חוץ להגופים או הוא רק כח בגוף ולא ימצא לבדו מפשט מגוף מולידו? הב) איכות פעולתו האם נמצא האור בעין, ואך ברגע אשר נפקח עינינו יצא לפעלו לעוף במרחבי תבל בדמות קוים ארוכים או להפך דברים הנראים ישלחו מאתם קוים מאירים לעינינו ומדי פגשם באישון העין ירגיש המות וישפוט עליהם? שתי השאלות הנ״ל נקח נא עתה לראש פנת ספרנו לבארן דבר דבור אל אפניו, והקורא הנעים יתן נא לנו אזן קשבת

ויתענג על נועם הדרת הטבע ועל חכמת החוקרים אשר מצאו דרכיה הנפלאים.

ב.

השערת חכמי הטבע הקדמונים על אדות האיר וסתירתה.

טרם נשים פנינו לבאר חקות האור נטל עלינו להבין מהותו למען לא נגשש כעור באפלה.

עוד בימי קדם בטרם ידעו דרכי הטבע בעוד אך מושגי שוא הנחילו להם החוקרים רבו את ריב האור, זה מבאר בכה וזה בכה, וכל חכמי דור ודור שנו דעתם במהות האור ומהם שהחליטו כי האור גשם הוא הנמצא במציאות ומתפשט בכל הגופים אשר במרחבי הבריאה ומדי פגשו בעין יחדור אל תוכו עד עור הרשת ומשם אל המח השופט ומכיר את הדבר הנראה, וכל אור שלא ימצא שטן בדרכו ילך ויתרחב הרחק מאד, ומה שיחדור האור דרך הזכוכית אינה סתירה לדבריהם כי כבר התבאר אצלם אשר כל דבר גשמי ואוירי מרכב מחלקים קטנים מאד עד אשר תלאה העין לראותם מעצם קטנם גם מבעד כלי מחזה היותר גדול והחלקים הקטנים ההם נקראים אטמים *) או עצמים פרדים, וכל אדם יוכל לראות אמתת הדבר הזה בהמיסנו נופת במים טהורים לא יראה במים שום גרגר נופת אף בעזרת כלי מחזה כאלו נעלם ואינו והן עיננו ראו כי הנופת הנמס היה גשם עב ומוצק ואיו? אות היא כי רק בהתחלקו לחלקים קטנים מאד לא תעצור העין כה לראותם, ובחפצנו לראות שנית את הנופת הנמס, נקח את המים האלה ונעמידם נגד השמש או על האש אשר על האח ויתנדפו המים ואז ישאר הנופת לבדו מקבץ כקדם ונראנו שנית, כדבר הזה נוכל לעשות עם כל מלח וגופים חמים רבים. המופת הזה עדותיו נאמנו מאד כי יש אטמים בכל הגופים אשר נראם רק בהתלכדם יחד לגוף אחר ובהתפרדם יעלמו מן העין, וגם בהתלכדם יעמדו איש מאחיו במרחק מוגבל, ולא יעברו גבולם אשר שם להם בוראם ומסבת מצב האטמים בכל גוף וגוף לא יתראה לעינינו בתמונה אחת כי כל גוף וכל חומר יש לו מצב, ערך והרכבה אחרת אשר בו תלוי עצם תכונתו וחזקתו ומראהו וכחו וכדומה

---

*) בספרנו תולדות הארץ נבאר זאת במופתים חותכים ובספרנו פעולת החום נבאר שיש להם כח הדוחה וכח המושך.

למשל אם נראה המתכת מוצק וקשה נאמר כי אטמיו התלכדו בכח המושך יותר גדול מבגופים אחרים ואם הפים רכים ורפים נאמר מעתה כי אטמיהם התלכדו בכח רפה וחלש הנקל להתפרד, והאויר מורכב הרכבה קלה מאד אשר יקל לו להתפשט לאין קץ. או נאמר בלשון החוקרים כי בכל גוף מוצק ישלוט כח המושך ובכל גוף אוירי ישלוט כח הדוחה, ובגופים הנוזלים ישלטו שניהם לפי מצב הגוף ותכונתו וכל איש אשר ראה בעיניו הרכבה חימית יבין דברנו אלה לאשורם, ויתאמת עוד בזאת כי בהרכיבנו שני גופים יחד בהרכבה חימית אז יהיה שטחם קטן מאשר היה בשניהם טרם התחברו אות היא כי נכנסו אטמי גוף אחד בשני בין הרוח אשר בין, אטם לאטם, ויהיו לגוף אחד. כן גם בזכוכית נמצאים נקבים דקים רבים מאד ודרך אותן הנקבים יחדור האור, וע"כ לא יעמוד הזכוכית לשטן בפני קוי האור, כן הוא דעת החוקרים הקדמונים והבאים אחריהם קימו וקבלו דעתם עד שקמו הכמי זמננו ויתבוננו היטב בדבר הזה וימצאו כי לא יתכן להחליט כי האור גשם הוא, כי כל גשם יש לו כבד, אורך ורוחב, והיה בידנו היכולת להביאו במשקל כמו האויר, והם הרבו נסיונות להביאו במשקל ולא עלתה בידם, וכל עוד לא ידעו לבאר את האור בדרך אחרת לא הסירו את הדעה (כי האור גשם הוא) ממקומה רק שללו ממנו את הכבד, לומר שהוא גשם בלי כבד ולהפלאידום — אשר לא היה ולא נברא — כל דבר הקשה יביאון, והוא מגן ומחסה לכל חק אשר אין רוח חכמים נוחה הימנו.

אבל נסירה נא ונראה מה יאמרו עתה חכמי זמננו על זה ואתה קורא נעים הט אזניך לדבריהם הנאמרים באמת.

ג.

הָאֶטער.

טרם נבאר את יסוד האור נטל עלינו לבאר את הדבר אשר המציאו ההוקרים בזמננו, אם כי מוזר הוא למשמע אזנים, אך כבר יצא מגדר הספק ונודע לדבר ברור וזה הוא:

חלל של העולם כלו וכל מרחבי התבל לאין קץ מלא עצם זך ודק מאד מאד והוא מפוזר ומפורד בכל רחבי העולם עד כי אין מקום פנוי ממנו וזה שמו אשר יקראו לו „אטהער", ועל אדותיו נעריך דברינו לפני הקורא ויען כי אין עוד מופת חותך על מציאותו, ע"כ רבו בלתי מאמינים בו, ואף המאמינים בו הציעו את כל משפטיו וחקותיו רק בתור השערה ולא בתור יסוד מוסד, כי זה דרך החוקרים החדשים אשר כל דבר שלא עמד לפניהם בנסיון לא יובא בין החקים הקימים, וזאת תהלתם, ובשמרם דרכם זה לא יבואו לידי טעות, וברבות החוקרים בימים האחרונים לחקור בענין זה

מצאו ראיה לסתור ולהכחיש מציאותו ע"פ החשבון שנבאר בהמשך דברינו.

אם נקח לנו חרש מחרשי אדמה ונזרקנו למעלה באויר אז יעלה בכחנו זה ויחצה את האויר, אבל בלכתו יתמעט כחו מרגע אל רגע עד כי יתם כלו ואז יפול למטה בסבת כח המושך אמר לאדמה. ועתה נתבונן מדוע זה יתמעט כחו בעלותו מעלה? הלא מכחנו שחדנו לו להתרומם ולעלות מעלה ומאיזה סבה יאבד את הכח אשר נתנו לו מדוע זה לא יעלה בכח זה עד שמי השמים ומי זה יעמוד לשטן לו על דרכו הפני והנקי ממשיכת חדק וכל מעצור אין שם? פשר דבר החידה הזאת היא דחיקת האויר אשר ילחצנו בלכתו בו הוא העומד לשטן לו וידחקנו למטה, והיה בראשית צאת החרס מידנו עוד כחו חדש עמו ויעצור כח לחצות את האויר ולעבור במהירות ואולם כאשר יוסיף להתחכך ולהשתפשף באויר ישלול זה האחרון ממנו מעט מעט את כחו אשר נתנו לו עד אשר יאבד ממנו את כל כחו ויעמוד מלכת הלאה, ואז ימצא כח המושך של האדמה און לו למשכו למטה ויפול ארצה. הדבר הזה הנודע לכל יכחיש את מציאות האטער כי לו היה האטער באמת בכל רחבי הבריאה הלא יחויב שיעמד לשטן גם בפני כל ככבי הלכת אשר ירוצו באויר השמים סביב השמש, והיה מוכרחים להקטין ולקצר חוג מהלכם בכל עת וכל תקופה ותקופה היתה קצרה וקטנה מחברתה (ציור 1), עד שיתקרבו לשמש ויפלו עליו ושם תהא קבורתם, ואנחנו הן עיננו תחזינה זה אלפי שנה מיום חג הבורא חוג מהלכם ושמרו דרכם בלי כל נטיה ובלי כל שנוי וזה הדבר אשר הביא את החוקרים לידי הכחשת האטער. אבל בזמננו זה מצאו התוכנים כי הככב-שבט של ענקוו (הגומר תקופתו במשך 3 ⅓ שנה) מקדים לבא ולהראות לעינינו לפני הזמן אשר יקצבו לו התוכנים בחשבונם גם בהצטרף לחשבון את כל הפרעות שיפריעוהו ככבי הלכת ויסירוהו ממסלולו גם אז לא יצדק חשבונם, כי נוכחו לדעת אשר במשך 50 שנה הקדים לכת על זמן 1.3. יום והמופת הזה יכריח אותנו להאמין במציאות האטער. אחריו מצאו ככב שבט שני של פעי (זמן תקופתו 7.22 שנים) אשר גם הוא ימהר זמן ביאתו וכמוהו גם ככב-שביט של הענקע שניהם מתקרבים אל השמש עד כי יבא יום (והיום ההוא ירחק-חוק) אשר יתקרבו שניהם אל השמש ויפלו עליו ונספו בו. האמבאלדט יאמר: חזיון נפלא כזה יוכיח לנו, אחרי אשר נביא בחשבון את השבתת משיכת ככבי הלכת, את אמתת ההשערה הנכונה, כי חמר אחד שהוא במצב קיטור ואד מלא במלא רוחב התבל המתנגד לכל פעולה. כח הנוגעי יתמעט ועמו גם חצי אלכסון הגדול של מסלול הקאמעט".

בלי תפונה ישאלך לבך קורא יקר! מדוע זה יגרע חלק ככבי-השבט מחלק אחיהם ככבי-הלכת? אמנם שאלה היא. והתשובה היא, כי חמר ככבי השבט רפוי מאד כנודע לנו מככב שבט אחד אשר בעברו במסלולו סביב השמש בנקודת השפל קרוב היה אז מאד אל האדמה, והגדילו עליה

על גודל האדמה, ובכל זאת לא שלט על האדמה בכחו המושך להגות אותה מן המסלה. כן גם בעבור כבב שבט אחר בנקודת השפל שלו קרה מקרהו לעבור דרך מסלול צדק וירחיו בעת אשר גם צדק היה אז במקום ההוא, וראינו אז שכבב צדק משכהו אחריו וסלל לפניו מסלול חדש, ומסלול כבב צדק לא שנה על ידו כחוט השערה, מזה נראה כי חמר כבבי השבט רך ורפוי מאד גם מאויר הנשיטה המקיף את ארצנו. ע"כ יעצור האעטער כח לעצרם יותר מאשר יעצור את כבבי הלכת. ומסבה זאת נכיר שנוי גדול במסלול כבב השבט בעברו, גם בזמן קצר, אבל לא כן במסלולי כבבי הלכת אשר בין אטמיהם נמצא כח-מלכד גדול המחזק את כל גופו וחמרו, אך לאט לאט ישנה דרכו ורבי רבבות שנים תעבורנה עד אשר יורגש שנוי נכר במסלולו. ובכן הראינו והוכחנו את מציאת האעטעהר.

ועתה נלך לבאר את תכונת האור.

ד.

מה זה אור?

האור —לפי חקירת חכמי הטבע בזמננו— הוא רק פעולת השמש או כל דבר המעורר אור בהאטהער (שזכרנו בפרק הקודם) ומרעידו כלומר: השמש יש בכחו להרעיד את אטמי האטער ויעשה גלים בו כתבנית הגלים הנעשים על פני המים בזרקנו אבן בם וכמוהם כגלי המים יתגלגלו ויסתובבו גל אחד סביב השני, ונפלאים המה גלי האור מגלי המים במהירותם הנפלאה כי ירוצו .41000 פרסאות בזעקונדא אחת *) עד יגיעו אל העין ויחדרו בה עד עור הרשת ומצירים בו את המובט הפוך מכפי שהוא באמת והוא מסבת כניסתו לתוך העין דרך האישון (פופליא) העשוי כנקב קטן, כאשר יבואר בהמשך דברינו בפרקים הבאים, ובבואו אל תוך עור הרשת יובא דרך עצב אחד, המתוח משם עד המח, וכח השופט אשר במח ישפוט עליו לדעת מה הוא רואה, ומסבה זאת ימעט האור בערך מרובע בהתרחקו מגוף המעורר אותו. כי לו הלכו הגלים בדרך אחד אז לא נגרע מהם דבר גם בלכתם למרחוק, ויאירו לקרוב ולרחוק במדה אחת, אבל בהתפשטם מסביב ימעט כחם בערך מרובע (כי יתפשטו לארבע רוחות) כמו כמו שנראה בגלי המים

---

*) אופן מדידת מריצת האור ראה פרק כ"ד מספרנו זה.

אשר יולדו מאבן הנזרק בם אשר ימעטו ויתקטנו גם הם בהתרחקם מסביב למקום אשר נפלה האבן, עד שבהתרחקם מאד לא יוכר מקומם במים כמו כן היא אצל גלי האור בתוך האטהער.

ומזה נביא חשבון אשר בהתרחק אדם מגוף המרעיד את האטער שתי אמות יגרע האור מעיניו ארבע פעמים מאשר אצל האיש העומד רחוק רק אמה אחת כי 2. פעם 2. הוא—4. והמתרחק שלש במות ימעט האור אצלו תשעה פעמים כי 3 פעם 3 הוא 9. והמתרחק ארבע אמות ימעט האור אצלו 16 פעמים כי 4. פעם 4 הוא 16 וכן להלאה.

ועתה נביא חשבון גם על אדות האור אשר יקבלו ככבי הלכת מהשמש בערך האור שתקבל האדמה. לאמר: נעריך את האור שתקבל האדמה מן השמש—מנה אחת. ובה נעריך אור ככבי הלכת בערך התרחקם מן השמש, לדעת את מדת האור אשר יקבלו מן השמש. ובראשונה נביא חשבון מככב הראשון הקרוב אל השמש יותר מכל שכניו הוא כ כ ב (מערקור) מרחקו מהשמש הוא 8. מיליאן פרסאות, ואם נגדיל את המספר 8. במרובע יעלה לנו—64. נמצא אורו גדול מאור האדמה יותר משש פעמים. *)

ומרחק הככב נגה (ווענוס) מן השמש הוא בערך 15 מיליאן פרסאות על כן אורו גדול מאור האדמה רק בערך שתי פעמים.

מרחק הככב מאדים (מארס) מן השמש 31. מ"פ נמצא אורו פחות מאור האדמה פי חצי.

ומרחק הככב צדק (יופיטער) 100 מ"פ על כן אורו קטן מאור האדמה על 25. פעמים.

מרחק הככב שבתאי (סאטורן) 198 מ"פ מהשמש ואורו קטן על 30 פעמים מאור האדמה.

ומרחק הככב אוריינים 386. מ"פ מהשמש ואורו קטן על 300 פעמים מאור האדמה.

הככב ניעפטון רחוק מהשמש 600. ואורו יתמעט על 300. מכל האמור לעיל נבין כי גם הברואים שעל כל ככב וככב ישתנו הרבה אלה מאלה, כי זאת נבין אשר לו העתקנו אנחנו את אהלנו על ככב או על נוגה אז לא יכלנו לסבול את האור החזק אשר עליהם, כי חשכו עיננו מראות, מזה נחליט כי שם יחיו בעלי חיים אחרים אשר עיניהם תעצורנה כח לסבול אור גדול מאשר נסבול אנחנו. וכן להיפך אם נשפיל שבת על ככב מאדים או צדק ושבתאי ושכניהם הרחוקים מהשמש אז חשך אורם בעדנו, יחויב מזה שעליהם יחיו בעלי חיים המסתפקים באור קטן ודל מאד, כי על פי חשבוננו

---

*) כי מרחק הארץ מהשמש הוא 20 מיליאן פרסאות. ונחשוב 20 פעם 20 הוא 400 כמה פעמים 64 נמצא במספר 400 6. כי 6 פעם 64 הוא 384 ועוד ישאר 16 וכן הוא החשבון בכל הככבים. (הערת המו"ל).

נמצא שאור נעפטון יותר קטן מאור השחר, ואל יפלא בעיניך קורא יקר! איך יחיו שם היצורים ההם בחשך כי גם פה על ארצנו ראינו בעלי חיים המסתפקים באור קטן כמו העכברים ודומיהם וגם האנשים אשר נתנו בבית האסורים מקום שם אין אור הורגלו מעט מעט לראות גם בחשך.



ה.

אפלת האור.

הקורא הנעים בקראו את הדברים אשר הערכנו לפניו בפרק הקודם, בטח יתפלא על כל זאת, ומה גם הקורא אשר דברים כאלה כמו זר יחשבו לו, ולא יאבה להאמין בנו באמרו: „מי הוא לידינו יתקע כי נאמנו דבר החוקרים, ומה המופת על זה? יתנו עדיהם ויצדקו. ע"כ נראה להקוראים עוד ענין אחד אשר יוכיח כי כנים דברי החוקרים וברור כשמש גם חשבונם אשר הבאתי למעלה. אם נקוב שני נקבים קטנים בחדר אופל באופן שלא יהדור השמש אל תוכו זולת דרך שני הנקבים הקטנים אשר עשינו, וקוי האור הבאים דרך שני הנקבים יטו אחד אל משנהו אז נקח לנו גליון ניר לבן ונעמידהו מול הנקבים למען יפלו קוי אור השמש עליו אז נמצא שתי נקודות מאירות רחוקות אשה מרעותה, ואם נעתיק את הגליון הלאה מן הנקבים אז נראה ששתי הנקודות תתקרבנה מעט אשה אל רעותה, וכל אשר נוסיף להרחיק את הגליון מהנקבים כן תלכנה שתי הנקודות ותתקרבנה מעט מעט אחת אל השניה, עד כי תהיינה לנקודה אחת מאירה באור חזק, אור כפלים מאשר בתחלה. אבל אם נקב אחר—יותר ארוך מהשני על מרחק ידוע לחוקרי הטבע, אז נתפלא למראה עינינו בראותנו כי בפגוש שתי הנקודות יחדיו יחשכו לגמרי ואורם כליל יחלוף, ותחת אשר קוינו להגדיל את האור כפלים בפגישת הנקודות יחדיו חשכו לגמרי, האם לא פלא היא? ומי חכם יודע פשר דבר זה? בטח תערוג נפשך לדעת קורא יקר, נסבת דבר זר כזה, ועתה הט אזנך ושמע ונשכילך בינה בעצם האור ומהותו ואח"כ תדע שרש דבר נמצא בדבר הזה והנפלא הנ"ל.

כבר הודענו לך קורא נכבד כי האור הוא רק הרעדת חלקי האטהער אשר ירעידם השמש ותבניתם כתבנית גלי המים הנולדים ע"י זריקת האבן בם, והיה אם תזרוק שנית אבן במים בעוד אשר גלי מים מאבן הראשון הולכים ונרחפים סביב סביב אז תראה כי שנו הגלים הקודמים את צורתם מפני הגלים החדשים, פה גל אחד יתרומם ואחריו עמק ימלא מים ויתקטן מאשר בתחלה, ופה גל ועמקו יפגשו עם עמק וגל אחר ויבטל זא"ז כי גל

של זה ימלא עמקו של זה וכן להיפך (עיין ציור 2) . ומי זה פה המשפיל גאים ומגביה שפלים? הלא המים בעצמם כי כל גל חדש הבא מן המרכז ימלא עמק של גל ההולך לפניו, ואם נזרוק אבן שלישית יהיה ג"כ כדבר הזה עד אשר ישתוה שטח פני המים כאשר היה יכל גל לא יראה ולא ימצא עוד, כן היא גם עם האור, כי כל קו אור יולד מגלי האטער (ציור 3) וכל גל עמקו עמו ובפגוש שני קוי אור יחדיו, יצאו לנו ארבעה מיני אור ואלה הם: א) פגישת גל אור השני עם גל אור הראשון אשר ע"י זה יתרומם הגל כפלים ויחזק אורו. ב) פגישת עמק שני עם הראשון. ג) פגישת עמק אור השני עם גל אור הראשון. ואם גובה הגל איננו כשעור שפלת העמק אז יש בזה שני אופנים:

1) אם הגל יעלה בגבהו על שפלות העמק אז יבטל העמק לגמרי והגל יקח מקומו, וגם הוא-הגל-ישפל לפי מדת עומק העמק שהיה במקומו.

2) אם הגל לא יגיע בגבהו למדת עומק העמק אז יבלע העמק את הגל, ומדת עמקו תקטן לפי ערך גובה הגל, ולפיה יקטן האור. ד) פגישת עמק אור השני עם גל אור הראשון ושניהם מדה אחת וגובה אחד להם אז ימלא כל גל אור השני את עמק אור הראשון ויבטלו זא"ז לגמרי ואז יחשך כי האור כליל יחלוף, כי נחה שקטה הרעדת האטהער שהיא סבת האור ובכן בעשותנו את הבחינה בשני הנקבים ויהי מתחלה כאשר נפגשו שניהם יחדיו גדל אורם, כי חזקו הגלים איש את רעהו, אבל כאשר הארכנו נקב אחד מן השני בשעור הדרוש אז כל עמק של נקב האחד יתמלא ע"י הגל של נקב השני ותשבות את הרעדת האטהער לגמרי ויחשך האור, ויבא חמופת ע"ז שאם נסתום פי נקב אחד אז יאיר לנו נקב השני כבתחלה, כי סר מפריע את הגלים ומבטלם.—

מזה נראה ברור כי אפלת האור באה ממקור אחד עם הארת האור והוא הרעדת האטהער אשר לא יחויב להיות כן לפי דעת המגשמים את האור כמובן, כי לפי דעתם היה האור מתחזק כל מה שנוסף להביא קוי אור על נקודה אחת.

ו.

התקטנות הרעדת האטהער.

כלל גדול מסרו לנו חוקרי הטבע, כי בפגישת שני אורים שונים, יבטלו זא"ז ותמורתם יבא חשך ולא אור.

הכלל הזה תקעו ליתד נאמן לא ימוש לעולם, ואתה הקורא הלא תאמין בדבריהם, כי כבר בחנת ומצאת כי כנים דבריהם, ואחרי בחינות רבות אשר עשו החוקרים בזה הראו לכל כי כל דבריהם אמת וצדק.

בהביאך את הפריזמע (היא זכוכית מגבלת בשלשה צלעות) ביום לא עבות במקום שם יחדור אור השמש דרך החלון, אז תראה על הקיר שכנגד החלון או על שטח הרצפה את השפעקטרום אשר אנחנו נקראהו „שלל צבעים" (בגלל צבעיו השונים המרהיבים בת עין (I, ז) בעזרת זכוכית מגדלת יראו בו קוים שחורים רבים מתוחים על פני כל רחבו, הנקראים: „קוי פראונהאפער", כן גם בהשפעקטרום אשר תולד מאור כבבי שחק יראו קוים שחורים, אך רב ההבדל בינותם, נלכה נא עתה לקראת הנסיון אשר יראנו כי לא שוא הדבר אשר יאמינו החכמים בהרעדת האטהער.

אם נקח כלי מלא מים אשר נתן בו קליפות עצי ערמונים (קאשטאנען) ונעמידהו לעין השמש לקבל קרני אורי, אז נראה אור תכלת כהה, המוזר בצביונו אשר זה עתה נתחדש בו, וזאת תגרש כלה את השערת מציאות האור בגשמיות מהיכל חקי הטבע, אחרי שלא יתכן אשר קליפת ערמונים יעצרו כח לברא גשם חדש אשר לא היה ולא נברא עד כה, אולם לפי דברי חכמינו עתה, אשר יראו סבת האור רק בכח הרעדת האטהער אשר ירעידנו השמש, נשכיל בינה להבין גם את הדבר הזה, וכה משפטם על אדותיו:

השמש ירעיד את אטמי האטהער, ובהרעידו את האטהער הקרוב אליו ירעידנו במהירות נפלאה ועצומה מאד, עד כי מספר הרעדת הגלים יעלה יותר מן .762 ביליאן בזעקונדא אחת! והוא הגבול אשר לכח ראות עינינו ואם יעלה מספרם על .762 ביליאן הרעדת לא תרגישן העין, ותהינה רק בתור קוי חומיה להרכיב ולהפריד בין יסודות החומיה בסוג הדומם, לתת חיים לכל הצמחים למיניהם, ולכל בע"ח, אך אלה ההרעדות אשר ירעיד השמש כמרחק שאז אינן קלות המרוץ כראשונות תרגיש העין, עד שיקטן מספרן עד .483 ביליאן בזעקונדא שהוא גבול האחרון להרעדת האטהער אשר תרגשנה בתור קוי אור, בדעתנו זאת נבא בטח למטרתנו להבין סבת אור התכלת הנולד ע"י קליפת ערמונים, כי קליפת ערמונים תעצור כח לעורר את קוי החומיה הבלתי נראים ומרגשים גם ביתר חושינו, והיה בזרוח השמש עליה אז יגיעו עליה קוי חומיה ביחד עם קוי אור, והקליפה תהפוך את קוי החומיה לקוי אור, או ביתר באור: הקליפה תחליש את מהירות הרעדת האטהער ועי"ז יהפכו קוי חומיה לקוי אור ויראו לעין.

נלכה נא לראות נסיון שני אשר יראנו ברור כי יש דברים שבכחן להמעיט מהירות קוי חומיה להשוותם למהירות מריצת קרני אור, וכה מעשה הנסיון: קח לך זוגין של חמצי

גפרית ושים אותם במים וע״י הפריזמע תפריד את האור להוליד שלל צבעים אח״כ תקח ניר לבן ותתנהו במקום שם יפול שלל הצבעים, ותרשום על הניר שתי נקודות — נקודה אחת במקום התחלת שלל הצבעים (היא בהתחלת צבע האדום) והשניה בסופו, אחרי אשר תרשום שתי הנקודות הדרושות תרטוב את הניר בנוזל החינין הנ״ל ותשיבהו למקומו הראשון ותתבונן שהצבע האדום של שלל הצבעים הנעשה עתה על הניר יתחיל גם עתה ממקומו מראשון מקום שם הציון אשר עשית אז יגלה לעיניך דבר פלא, בהביטך על עבר השני בקצה שלל-הצבעים (היא הצבע פיליעט) תראה שעתה יתארך השפעקטרום בכלל והצבע פיליעט בפרט, ויעבור הלאה מן הנקודה אשר רשמת על הניר בתחלה. והיה במקום אשר לא נראה בתחלה כל אור יראה עתה אור; פשר הדבר הזה יבין כל קורא מעצמו אם אך יזכור מה שקרא לפני זה בנסיון הראשון ואנחנו נשית בזה נוספות על דברינו הראשונים.

נסיונות לאלפים יורונו למדי כי בחצי השפעקטרום הראשון החזק ובהיר באורו, והוא מן הצבע האדום לא ימצאו קוי חומיה כי אם מעט מזער, אך בחצי שלל-הצבעים השני החלש באורו, והוא מן צבע התכלת עד סופו, ימצאו קוי חומיה, ואתה הקורא בלי תפונה תחשוב שבאשר יתום צבע הפיליעט עמו יחד יתמו קוי החומיה. אכן באמת לא כן היא, כי הנסיון יורוני שגם מן הצבע פיליעט והלאה עוד לא תם החזיון והחומיה עודנה מושלת שם בעצם תמה וסבת אי-הרגשתם היא: מהירת הרעדתם מאד אשר יצאו מעל לכח ההכרה אשר לעין, ואך בנפול קוי החומיה האלה על שטח הניר הרטוב במי חינין של חמצי גפרית אז ימעיט מרוצתם הנפלאה בשיעור הרעדת שיוכלו להיות נרגשים לעין.

עתה נראה איך נואלו חכמי קדם בחשבם את האור לדבר גשמי הלא הבחינות ההנה תעניגה כחשם בפניהם ויראו בעליל כי האור אך הרעדת האטהער הנהו, ואף גם אלה אשר בדו להם את הפלאידום שגו ברואה פקו פליליה כי האם גם קליפת ערמונים וחינין של חמצי גפרית יעצרו כח לברא להם פלאידום נפלא כזה אשר ראינו בעשותינו את הבחינות? היה לא תהיה בדבר הזה ושומע לא יהיה להם מאת חכמינו החיים אתנו כיום.

ז.

צבעי האור.

אתה הראה לדעת קורא יקר כי בהביאך את הפריזעמע באבק המואר מקרני השמש אז יפרד האור הכללי —הלבן— לשבעת הצבעים היסודים (גרונדע פארבען) והמראה הזאת תכונה שפעקטרום (ציור 4.) בראשונה יתחיל בצבע אדום חזק ובהיר מאד, ואצלו נראה צבע צהוב (געלב) והוא ילך הלך ורפה, עד שיתחיל האור הירוק, וגם הוא יתם מעט מעט ואיננו והצבע התכלת יתחיל, ואחריו יתחיל הצבע אינדיגא, והשביעי האחרון הצבע פילעט, והם מסודרים לפניך (בציור 4) כבקשת אשר בענן שסבתו היא ג״כ שבירת האור, ע״י המים הנמצאים באויר העולם ועל פי הדבר הזה נוכח מהרה כי האור הלבן איננו האור היסודי אשר יקבל מאת השמש רק מרכב משבעת הצבעים שזכרנו, וקבוץ כל הצבעים יחדיו יראה לעינינו לבן ובעזרת הפריזמע נוכל להפרידם; ובא האות על זה: כי אם תקח את הזכוכית הנודעת בשמה זכוכית השורפת (ברענגלאז) שפניה גבוהים באמצעיתה (ציור 5) אז תראה שכל הצבעים נהפכו לבן כי בטבעה ליחד את קוי האור ההודרים לתוכה ולעשותם לאור אחד — לאור לב (כאשר היה בתחלה), אבל מה היא סבת הצבעים הרבים? הלא כבר כלתנו אמורה כי האור הוא הרעדת האטהער ומי זה יסובב שנויים בההרעדה? על זאת יענו חכמי הטבע: — הן אמת היא כי סבה אחת היא לכל שבעת הצבעים — היא הרעדת האטהער והוא צור חוצבם, — אבל ההרעדות בעצמן אינן שוות זל״ז, כי מספר ההרעדות אשר יעשה השמש בקרוב מקום איננו שוה למספר ההרעדות אשר יעשה ברחוק מקום (כי לפי רבות המרחק כן ימעט מספר ההרעדות) ולפי שנוי ההרעדות כן ישונה מראה האור למשל: באור התכלת הנולד בקרוב מקום השמש יעשה האטהער 6.50. ביליאן הרעדות בזעקאנדע אבל הצבע האדום יעשה רק 500. ביליאן הרעדות בזעקונדא.

ועתה אחרי אשר הראינו לדעת שאור הלבן איננו אור יסודי רק קבוץ כל הצבעים יחדו, נוכל להתיר שאלה אחת אשר רבים ישאלוה: מדוע נבדלים כל הגיפים הנמצאים במרחבי תבל במראיתם הלא סבת ראותנו אותם היא רק כי ישלחו קוי אור —אשר יקבלום מן השמש— אל תוך עינינו, והן ידענו שאור השמש הוא רק אור לבן? תשובת הדבר כי כל גוף וכל הומר אשר על פני האדמה ואשר בשמים ממעל תכונה אחרת וסגלה מיוחדת לו לבלוע אל קרבו מאור הבא אליו ואת המותר ישלח החוצה, דרך משל: הדם יש בטבעו לבלוע כל הששה צבעים האחרונים ורק את

צבע האדום ישלח החוצה *) ויראה לעינינו, אשר ע"כ נראהו בצבע אדום, וכן העלים הירוקים ישאירו רק את האור הירוק ושאר הצבעים יקחו לנפשם, ונמצאים גם דברים רבים שישלחו מאתם את כל הצבעים ולא ישאירו מאומה לנפשם כמו הניר וכל הדומים לו אשר ע"כ יראו לעינינו בצבע לבן, ולעומתם — דברים הבולעים אל קרבם כל הצבעים ולא ישלחו החוצה מאומה והם אלה אשר יראו לעינינו בצבע שחור כי באדר האור יתראו אפלים ושחורים.

מכל האמור למעלה נתבונן כי טוב מאד יעשו האנשים אשר כהו עיניהם בחגרם על עיניהם כלי מחזה של זכוכית ממראה תכלת, יען: כי אור הלבן אשר נקבל מאת השמש בלול משבעת הצבעים בערך שוה ומתוכן לפי הדרוש לבריאות העין אבל לא כן אור מלאכותי (כמו אור הנר ואור אויר-המאור וכל אור אשר יעשה לו האדם בידיו) אשר יחסר לו מעט אור התכלת ממדת יתר הצבעים שע"כ איננו בריא לעין, והעושים מלאכתם בלילה לאור מלאכותי יגדילו את השלהבת והאור למען יראו היטב לבצע מלאכתם בנקל, ובזה ישחיתו את עיניהם מאד, כי אז יחדרו אל תוך עיניהם קוי-אור-אדום רבים אשר בם נמצאו קוי-חום והם המה מזיקים לעין ויסבו להן כאב אנוש, אבל בחגרם על עיניהם כלי־מחזה ממראה תכלת אז יבלעו המה מעט מהצבע האדום, הצהוב והירוק המזיקים לעין, ואחרים יסירו מן האור המלאכותי את הצבעים הנזכרים, באופן זה: המה יתנו מעל פני המנורה מסביב מכסה זכוכית ממראה תכלת או יעשו כהה ירוקה על פני זכוכית המנורה ממעל, אך כלי מחזה של זכוכית ממראה תכלת יותר דרושים אל החפץ, ותועלתם יותר גדולה ממכסה ירוקה או ממראה תכלת על המנורה, כי מלבד אשר ימעיטו את האור החזק עוד יעמדו לשטן בעד העשן המזיק גם הוא לעין מאד וגם את האבק לא יתנו לחדור אל העין, בקצרה — תועלתם כפולה ומכופלת ולהאנשים המתאוננים על עיניהם כי תש כחן דבר הכרחי הוא מאד לחגור כלי מחזה מזכוכית של מראה תכלת.

ח.

מבטן כח המושך יצא אור!

האור הוא הרעדת האטהער אשר ירעידנו השמש — הוא רעיון נפלא

---

*) גם מהצבע התכלת יבלע אך מקצתו ולא כלו, ואת המותר ישלח אל תוך עינינו.

מאד, וגם זר בעינינו וקשה להאמין בו אבל ההכרח יאלצנו להאמין בו ולהגיד כי רעיון אמת הוא, ואתה הקורא הלא כבר בחנת אותו בכיר בינתך ומצאת אותו נאמן לפניך. אבל בטח עוד יסיתך לבך לשאול: מדוע רק השמש יעצור כח להרעיד את האטהער? ובמה כחו גדול מכל שאר הגופים אשר במרחבי תבל? לכן הט לבך למאמרנו אשר יבא בזה, כי על אדות הדבר הזה נתבונן עתה.

ידוע כי סבוב ככבי לכת כלם סביב השמש במעגילה הוא רק מסבת משיכת השמש אותם בכח הנודע בשמו — כח המושך אשר ההוקר כביר הלב הוא חח׳ נעווטן (newton) גלהו זה בערך מאתים שנה לכל משפטיו וחקותיו ואשר בעזרתם נראה אור במסלולי הככבים העליפזים, ועוד בדברים רבים אשר נבארם במקומם הראוי להם, ואך לפי הדרוש להקורא להבין חכמת האור יספיק לע"ע במה שנעיר אזנו כי הכח המושך הזה ימצא בכל חומר וחומר וסגלתו להקריב אטמי החומר זא"ז ואטמי חומר אחד לאטמי חומר שני. וחוקר טבעי אחד חוה דעתו החדשה אשר תבאר לנו איכות פעולת כח המושך של השמש וזאת דעתו:

השמש במשכו את ככבי-הלכת ימשוך בהפסקים רבים כלומר: רגע ימשוך ומשנהו ישבית ממלאכתו, אבל מהירות פעולתו גדולה מאד — שלא יאמן כי יספר — ככל רגע ורגע יפסיק לערך .1000 ביליאן פעמים אשר ע"כ לא נעצור להרגישם ולהבדיל בין הפסק להפסק ולתנועה אחת תחשב בעינינו, ויש גם דברים אחרים העושים מלאכתם בהפסקים ואנחנו נראם כתנועה אחת, דרך משל: אם נגע באצבעותיו בהוט המצרף של מכונה עלעקטרית, אז יאחזנו רתת וחלחלה בכל גופנו ואנחנו נחשוב כי הכל נעשה בפעם אחת בלי כל הפסק, ובאמת נודע לנו כי פעולות המכונה רבות הן זאת אחרי זאת ובהפסקים רבים אשר נקראם תנועות או הרעדות. את האור נראה בתור קוים ארוכים וישרים ההולכים בלי הפסק, וכבר נודע לנו אשר כל קו אור מורכב מגלי אור רבים מאד. וכן חוש השמע יפול ברוב פעמים בטעות בהרגיש את הקול המורכב מיותר מתשעה גלים*) ויאמין כי הוא קול אחד וכל אלה אך מסבת מהירותם הנפלאה לא נעצור כח להרגישם אחד אחד, וכן הוא גם באופן משיכת השמש.

והנה ידוע לנו שהאטהער הוא יסוד דק מן הדק והוא בעל צימצום והתפשט (עלאסטיש) כנוצת ברזל אשר במורה שעות, ויתחייב לפי דברינו שהשמש יעשה פעולתו בהפסקים רבים כי בעת משיכת השמש יתצמצם האטהער ובעת מנוחתו יתפשט (כמו שנראה בנוצת הברזל הנזכרת הידועה לכל אדם אשר בכל פעם התצמצם ותתפשט). ומסבת התצמצמות

*) אם תשמע האזן קול המורכב תשעה קולות עוד תעצור כח להבדיל בינתם אבל קול המורכב מיותר מתשעה קולות יחשב לה בקול המולה אחת בלי כל הפסק.

והתפשטות האטהער תעשינה ההרעדות אשר על אדותן דברנו עד כה,
והנה כפי הנודע לנו יעשה השמש שתי תנועות שונות:

א. תנועתו השנתית הוא תקופתו סביב מרכז נתיב החלב. (מילכשטרייססע) (אשר ישלימה בכל 22½ שנה) בתנועה זאת יעשה השמש 7 פרסאות בכל זעקונדא.

ב. תנועתו היומית אשר יסתובב על ציריו במשך כ"ה יום, אשר על ידה תולדנה שתי תנועות שונות בהאטהער והתנועות ההן תפריענה את הרעדת האטהער שלא תבואנה אלינו בדרך ישר יען כי בהתנועע השמש דרך האטהער, וזה האחרון אם כי לא יאחז דרכו ככל גרמי השמים כי הוא תמיד נח ועומד במקומו, אך השמש בכחו ימשכנו אחריו בלכתו בדרך ובעת הפסק המשיכה יסוג אחור, והיא תנועה שניה להאטהער והיא תולדות האור, מכל מה שבארנו למעלה נראה: אשר בהתנועע השמש בתוך האטהער יעשה בו פרעות אשר נקראם הרעדות והן מראה האור, ומפני שנוי ההרעדות הבא ביחוס התקרבות האטהער אל השמש כאשר נתבאר למעלה יתראה אלינו בפנים שונים והם צבעי האור הרבים ושנים למיניהם.

ט.

השבתת הרעדת האטהער ממשיכת ככבי הלכת בסבת כח המושך של השמש.

הן בארנו בפרק הקודם שבסבת כח המושך של השמש ירעד האטהער ויוליד אור, גם הראינו לדעת כי ההרעדות אינן שוות וגם תוצאות פעולותיהן אינן שוות זל"ז, כי ההרעדית הנמהרות במריצתן למגד — פעולתן הנה פעולות חומית, וההרעדות אשר לא תגיענה למספר הרעדות קוי הומיה בזעקונדא אחת הנה תלדנה קוי אור, ואם תמעטנה גם מערך כזה — להוליד אור, אז תלדנה רק חום, וגם הרעדות האור בעצמו אינן שוות זא"ז ומסבה זאת ישתנו צבעי האור למיניהם, וחכמי הטבע חקרו ובחנו כל מקום ומקום בהשפעקטרום ומצאו מספר הרעדות של כל צבע וצבע אשר בו. ונוכחו לדעת אשר במקום שיפלו קרני חומיה יעשה השמש הרעדותיו במתנות יתרה מאשר במקום קרני האור. כאלו שם השמש יחגור כחו למהר פעולתו מאשר במקום קוי אור, ואם נביא עתה את מהירות כח המושך השמש לידי ערך ידוע יעלה אז מספר ההפסקים 1000 ביליאן פעמים בכל רגע.

והיה בשמעך את כל הדברים האלה אשר שמנו לפניך. קורא יקר, בפרקים האחרונים אז ישאלך לבך לאמר: הן גם האדמה — אשר נשב

עליה — תתנועע בתוך האטהער סביב השמש וימצאו בה כל הדברים הנמצאים בשמש, אשר עליהם נאמר שהמה מולידי האור והן גם כח מושך נמצא בה הרודה על היקום אשר עליה, הלא המשוך גם את האהטער אחריה, גם תנועות נראה בה: אחת תקופתה השנתית. והשניה — סביב קוטבה, ומדוע זה לא תוליד גם היא אור? או אם תוסף לשאול ולהתפלא על שאר גרמי השמים הכבדים במשקלם יתר הרבה מן האדמה, וכבר ידענו שכח המושך יתיחס אל כבד החומר אשר ישכון בו, ולפי זה מובן שכל אשר יגדל החומר כן יגדל כחו המושך, ובכן יתחייב מזה שהככב אוראנוס הגדול פעמים מן האדמה וגם כחו המושך גדול פעמים מכח המושך של האדמה, או הככב שבתאי הגדול 93 פעמים מהאדמה הלא גם כחו המושך גדול כערך הזה, ויתר נתפלא אם נשאל על הככב צדק (יפיטער) הגדול מן האדמה בערך .301 פעמים וגם כחו המושך יגדל בערך הזה, הלא יתחייב לפי דברינו שבלכת הככב צדק דרך האטהער וימשכהו אליו יעשה הרעדות בו (כהרעדות שיעשה השמש) ועי"ז הלא (כפי שידענו) יוליד אור *) ובאמת הוא גוף עכור בלתי מאיר מעצמו, כמו שנראה בעת יחשוך אחד מירחיו את אור השמש מלפניו אז ילבש שחורים וישכון בחושך ולא אור לו, וכפי הכללים אשר הנחנו למעלה הלא יתחייב שיאור מעצמו ולא יצטרך לאור השמש? אבל לאט לך קורא יקר! חכה מעט ושמע פשר דבר, כי עוד לנו חק אחד מחקי כח המושך להודיעך ועל פיו תפתר גם השאלה הזאת, וזה הוא:

חק הוא כי כח המושך מתיחס לפי כבד הגופים, והיה אם נאמר כי האדמה תשבות רגע ממלאכתה למשוך כל הדברים הנמצאים על פניה אל מרכזה, ואם אז ימצא לפנינו שני כדורים בעלי כבד שוה אז ימשכו שניהם זא"ז, עד כי יפגשו שניהם בחצי המרחק, אך אם כדור אחר יגדל מהשני פי שלשה, גם אז ימשכו זא"ז עד שיפגשו שניהם אבל לא בחצי המרחק כראשונים, כי אם בשליש המרחק מכדור הכבד יותר כי הוא הרבה למשוך אליו את הכדור הקטן יותר מאשר משכהו הכדור הקטן אליו לפי ארך שליש המרחק כערך כחו המושך הגדול פי שלשה. ועתה אם יקח מקום כדור הקטן רק גרגר חול אחד ומקום כדור הגדול יקח כדור אחר הגדול ממנו מאה פעמים ויותר אז נראה שהכדור הגדול ימשוך את גרגר החול וזה האחרון לא ימשוך מאומה, כן הוא גם בכבבי לכת, שהשמש בכחו המושך יבטל את פעולת משיכת כבבי הלכת ועי"ז לא יעצרו כח להרעיד את האטהער — להוליד אור.

---

*) הקורא את דברי אלה שזכרתי בהם הולדה באור. אל יטעה לאמר שע"י הרעדת האטהער יוצר אור. רק ההרעדות בעצמן הן הנה האור. ועיין בפרקים הקודמים.

י.

התקיימות הכח.

אחרי הדברים האלה ימצא לו השואל מקום לשאול אם כדברינו הוא, (כלומר אם האור יוצא ויולד רק מהרעדת האטהער) מדוע זה יבקיעו קרני האור דרך הזכוכית? מרוע לא תעמוד הזכוכית לשטן להרעדות האור לבל יפרוץ אל הבית פנימה דרך החלונות? (הדברים הראשונים אשר דברנו בזה לא יספיקו לנו עתה, באשר כי נאמרו לפי דברי הקדמונים המגשימים את האור ולא לפי דעתנו עתה), על זאת נשיב: השמש בהרעידו את האטהער לא אותו בלבד ירגיז ממקומו להאציל לו תנועות מתנועות שונות, כי גם כל דבר ודבר, אשר סגלתו להעביר את האור, כזכוכית ודומיה גם את אטמיהם ירעיד וירגיז ממקומם ועי"ז לא יעצרו כח לעמוד לשטן בעד האור, ויבא ישר אל הבית פנימה באין מעצר.

קורא נכבד בלי תפונה ראית בעיניך שבעת מרוצת הסוס על רצפת אבנים ויכה בפרסת הברזל אשר לו באבן אז יצא רשף לרגליו, או כאשר נכה בכל שני גופים מוצקים כברזל ואבן יצא אש מבינותם, והיא התחבולה אשר הוציאו אבותינו מלפנים אש מעצים ואבנים כי לא ידעו עוד מקסמי גפרית אשר אתנו היום. ואיך היתה כדבר הזה? אם נעמיק חקר נמצא כי בהורידנו גוף מוצק על משנהו במהירות גדולה נרעיד עי"ז את אטמי הגוף התחתון ועם זה גם האטהער מסביבו וזה האחרון יוליד אור. וגם האבנים הנקראים — אבני — נפץ (עראליטען) יענו לנו כדבר הזה. בתחלה היו אבנים פשוטים חשוכים ואפלים המשוטטים ברום העולם במסלוליהם סביב השמש ויש אשר לפי מהלכם יתקרבו אל האדמה, והיא תמשכם בכחה המושך אליה, ועד מהרה. יפלו על פניה במהירות נפלאה, והיה ברדת האבנים ההנה דרך האויר הסובב את הארץ וכח המרוץ יתגבר מרגע אל רגע אז ירעדו אטמיו וגם אטמי האטהער יתרו ממקומם בשעור הדרוש להוליד חום, וכאשר יתגבר עוד כח המרוץ ברבות הדרך יתגברו גם הרעדות אטמיו כשעור הדרוש להוליד אור והן הנה חזיזי אור הנראים ככבבים מעופפים בשמים. והם, האבנים, במריצתם יעברו הלאה ולא ישמרו תמיד לקול פקודת כח המושך אשר למרכז האדמה כמבואר למדי בספרי הטבע. — ועתה נלכה נא לבאר את חק התקיימות הכח בדבר האור: חק עולם הוא בחקי הטבע, שכמו שלא יתכן לברא יש מאין אף גרגר חול אחד, ולא להביא יש לאין, ואין לאל ידינו לבטל כל נמצא ממציאותו, רק להחליף צורתם ולשנותם מגוף לגוף וכל יכלתנו היא רק לעשות יש מיש ולא — יש מאין גם לא — אין מיש. ככה אין בכחנו לבטל ולהעביר מן העולם כל כח מצא, ולא לברא לנו כל כח בלתי נמצא במציאות שנוכל לאמר עליו,

„ראה זה כח חדש הוא". ועל פי החק הזה אנחנו חיבים להודות ולהגיד אשר כל הכחות אשר נקבל מאת השמש בתכונות שונות כמו: אור, חום והומיה שלא עתה מקרוב נבראו כי כבר עצורים וכלואים היו בבטן השמש מיום הולדו, והיא הדין גם בלדת האור מהכאת שני דברים מוצקים זב"ז כנזכר לעיל כי מכחנו שתרנו להם בעת הריםנו את הגוף המכה והורדנוהו על גוף המוכה, וע"י מעט הכח אשר גרענו מגופנו הועלנו להם להרעיד את האטהער ולהוליד אור.

ועתה נוציא משפט צדק כי גם כל הגחלים אשר נחמם בהם את חדרי ביתנו (שחומם גדול ואורם מעט) וגם הנפט אשר יאיר לנו את כל חדרי ביתנו (שאורו רב וחומו מעט) יקחו כל כחותיהם רק מן השמש אשר חק להם מעט או הרבה איש איש לפי תכונתו והרכבת חמרו.

והיה אם תשאלך נפשך קורא נכבד! לאמר: הלא גם בנפשנו נביא אור וחום, מדוע זה נשא נפשנו רק על השמש לבקש ממנו אור וחום כל הימים? אבל בזכרך קורא יקר! כי גם האור גם החום גם יתר כל כחות גופנו מורשה לנו רק מן השמש, כי כל כחנו רק בפה, כלומר אשר נאכל מן המאכלים אשר השמש מבשל לנו בחומו ואורו כידוע לכל אדם אשר כל חי וכל צמח לא יחיה ולא יגדל אם לא יזרח עליהם השמש *) והאדם יעשה כל מלאכתו רק בכח האכילה ההיא אשר יכין לו השמש, ואשר תהפך בקרבו לחום, והחום — לאור בהתגבר הכח ע"י תהבולית הדרושות ע"כ נראה שיתקיים הכח בהאור (הוא כח השמש) וכל דבר המאיר יאיר אך בכח השמש אשר חלק לו באופנים שונים ומפני זה נראה לפעמים גופים העומדים לעין השמש יומם ישיבו קרני אור זמן מה גם בלילה אחרי בא השמש.

יא.

התגשמות רעיונות החוקרים!

אחרי אשר נשוב משדה החקירה נשימה עין חקירותינו על כל אשר הוסיפו חכמי הטבע בלמודם החדש על דבר האור, והוא למוד ההתגעשות

*) לקיום הצמחים נחוץ: אור, חום וחומיה. כי הנסיון הורה אשר בגדול הצמחים בחושך יפקד מהם צבע הירוק. ועד מהדה יבולו ואך בזרות עליהם השמש יחיו. וגם הפרחים העומדים על החלונות גם המה יפרשו את כפיהם למול אור השמש כי הו[illegible]ם. וגם חום וחומיה דרוש להם למחיתם. וגם חומץ יסוד הפחמי אשר יפליט האדם מפיו יבלעו המה בכל פה. והוא ראש ויסוד כל גופם. במלה אחת אם שלש אלה: אור חום וחומיה יחסר להם אז יבולו ויעברו מעולם התהיה. ואי"ה בספרי שלשלת החיים אבאר כל זאת באריכות.

השלט כיום, הנה ראינו וידענו ברור כי חכמי הטבע נאלצו להניח כי במרחב העולם המצא ימצא חמר אחד הדק מאד בעל כח-נוצי (פערערקראפט, עלאסטיציטאט) ובשם אטהער קראנהו, הנה קראנו בשם אטהער ואמרנו כי הוא ימלא כל מרחב התבל; אולי ישמע איזה איש אשר יתר ממקומו בשמעו את מוצא פינו כי למען הבין דבר טבעי אחר, אשר לא נודע פשר דברו והוא להבין את תנועת האור ובואו מקצה השמים עד עינינו יחליטו לדבר ברור כי במרחב הצללים ימצא חמר אטהער. הלא יוכל היות כי בקרב הימים יודע לחכמים דרך אחר אשר על ידו יוכלו לבאר את מהלך האור במרחק גדול כזה, והאטהער טרם ימצא, אם אך ברעיון נולד הלא ברעיון יוכל לעבור מן העולם! ואולם לא כאשר ידמה כן הוא! הלא הולדת האור לא יוכל להיות כי אם באחת משתי אלה: או כי האור גשם הנהו שיירה מגשם מאיר לעינינו, אז תשוה הרגשת חוש הראות להרגשת חוש הריח, כי אך אז נריח בהגוף חלקי הגשם המפיץ ריח נחוח או נאלח באפינו; או כי האור תוצאות הרעדות איזה חמר הנהו ואז דומה יהיה חוש הראות לחוש השמיעה, אשר גם היא אך הרגשות הרעדות האויר שתלדנה קול. את גשמיות האור הלא כחדו חכמי הטבע מעולם הדעת בהראותם גלוי לעין כל שאור לאור כי יתוסף לפעמים חשך יולידו; לכן הלא נשאר לפנינו אך הדעה היחידה אשר אחרת אין בלעדה, והוא אשר האור יולד מהרעדות. עתה אחרי דעתנו כי האור הרעדות הנהו הלא נדע ברור כי בכל מקום אשר יקום ויהיה אור שמה יהיה החמר אשר בהרעידו יקום ויולד האור, ואם נאמר כי האויר שהוא נושא הקול הוא גם נושא האור נראה כי נשגה במשפטנו זה יען כי גם באויר מודק לא יכהה האור וכן גם במקום אשר שמה יחסר האויר כליל גם שמה יוכל לעבור האור ולא יכהה מאומה, וכן גם נראה „כי האור יעבור דרך דברים שקופים אשר לא נוכל להחליט שבתוכם המצא ימצא האויר"; מזה נראה כי נושא האויר הוא חמר אשר נעלם מאתנו, ונקראהו בשם אטהער. בשם אשר הקדמונים הבינו במושגו חמר דק מאד הממלא מרחב העולם ובלתי מורגש, וחשבוהו ליסוד חמישי נוסף על ארבע היסודות הראשונים. הוראת המלה הזאת: מזהיר, מאיר או מבעיר, והכמי זמננו יבינוהו במושג חמר דק מאד הממלא את כל מרחב העולם באין מקום פנוי ממנו, בכל כח-נוצי גדול עד מאד ובהתפעלו מכח משיכת השמש ירעד בתנועות והרעדות. את הגשם הזה יקראו חכמי זמננו בשמות: אטהער, נושא-האור, חמר-העולם-הכללי או אויר-שמימי, והחמר הזה אשר לרוב בשם הקדמוני אטהער יקרא ממלא הוא גם את החמרים הרבים והשונים, ולפי ידיעתנו כיום נדע כי כל חמר מורכב מאטמים אשר התגשמו מהאטהער הכללי ומן אטמים אוורים של האטהער ההוא, והחמרים האלה יקבלו שנויים גדולים בעת מהלך השמש ברום העולם וירעיד את האטהער —

יסוד העולם בהרעדות שונות, הוא יוליד עלעקטרא-מאגנעטים (עלעקטהישע פראצעסע) גם פעולות חום, תנועות אור והרכבות חימיים להניע את חי העולם הכללי שלא ישבותו רגע.—

כל דבר אשר החקירה האמתית תוכיח לנו ותאלפנו כי כן הוא ואשר אחרי כן תראינו לפי העיון תוצאות פעולות הדבר ההוא, ובזמן רב אחרי כן נמצא גם כן בפעל הלא אז נדע ברור, אשר אין לכחשו, כי אמנם כן הוא כאשר הראתנו החקירה בראשונה, כמו שנראה מהמשך דברינו. כל איש אשר ישמע על דל שפתי חוקרי הטבע שם כח המושך אשר נעווטאן הוכיח מציאותו עוד לפני מאתים שנה יאמר: „אם יבצר מחכמי הטבע להבין נפילת הגופים על הארץ בהיותם למעלה באויר יולידו ברמיונם כח טבעי חדש, כח מושך, אשר מי יודע אם כדבריהם כן הוא; האם כה גדול כח הרעיון עד כי לא יבצר ממנו גם לברוא כחות חדשים לבקרים? עוד יוכל היות כי חוקר טבעי אחר חדש יקום באיזה זמן ויבאר את חזיון נפילת הגופים עלי הארץ בביאור אחר, ואז הלא נפל תפול תורת כח הכבד ולא תוסיף קום!" אולם כיום נדע ברור כי כזה היה לא תהיה, וכח הכבד הוא כח אשר נתאמת לדבר ברור וקים לעד: הנה בעזרת כח הכבד, אשר נעווטאן הראה מציאותו בשכלו הכביר באר קעפלער את תנועת הככבים סביב השמש והמציא את שלשת החקים הקרואים על שמו; ואך לפי למודי כח הכבד מצא התוכן הצרפתי המהולל לעווערריע את ככב-הלכת נעפטון (ראהו בראשונה גאללע בבערלין 25 סעפטאמבער 1876) אם יוכל עתה איש להעיז פניו ולהכחיש את מציאות כח הכבד? אחרי כי גם המופת נתן ידיו (לפי מציאות לעווערריע) לרעיון נעווטאן הנפלא! כן גם במציאות האטהער: האם יוכל איזה איש להכחיש מציאותו אחרי כי הקטנת זמן סבוב ככב-השבט של ענקע ופאי יתנו עדותיהם? ואף גם זאת בהוכיח חכמי הטבע דבר נולד ברעיונם ע"פ אותות השמים בלבד יבא הדבר ההוא ויראה לעינינו בעליל, אחרי מאות בשנים ויוכיח את צדקתם.— מזה נראה כי חכמי הטבע לא ברעיונות זרים ישפיקו· ולא כראשונים יולידו המה חמרים וכחות טבעים אשר בנשוב רוח החקירה החרשה בהם יפלו תחתם ולא יוסיפו קום, הלא זאת היתה חטאת הראשונים; אולם כל אשר יראו חכמי זמננו ברוחם הכביר נצב הוא וקים לעד וזאת תהלתם.—



II

ציורי האור

א

החדר האפל

א־־ הדברים האלה אשר לפיהם נודע מהות האור לפי ידיעת חכמי הטבע מזמן הזה, וגם נתאמת בנסיונות ברורות נלך עתה לבאר איכות פעולות השמש על הארץ ועל צאצאיה יוצאי ירכה אשר פעולתו גדולה אצלם, ונעריך בזה את הנסיונות אשר יורונו חקי הטבע.

בבית אחד אשר כל קירותיו אפלות ושחורות ואשר חלונותיו ודלתותיו יסוגרו על מסגר, לבלתי נתון את קרני האור להבקיע בתוכו פנימה נעשה נקב קטן אשר אך דרך שם יבואו קוי אור השמש אז, בהביטנו על קיר השניה המקבלת לה נראה נפלאות: אם הקיר אשר בה נקב הנקב עומדת מול שׂוק אחד, אשר עוברים ושבים מצוים שמה תמיד, אז נראה בקיר השניה תמונות האנשים האלה. הנמצאים בחוץ, בציור קטן אך בהיר וצח מאד ובתמונה הפוכה הרגלים למעלה והראש למטה (ציור 6) והיה אם בחוץ ירכבו אנשים על סוסים, אז יתראו על הקיר סוס ורוכבו בתמונה הפוכה, הסוס עומד למעלה והפוך והאיש גם הוא למטה מן הסוס והפוך, גם הילוכם נראה הפוך; אם ילכו למזרח בחוץ תלך תמונתם למערב מבפנים ואנחנו נתפלא זה לראות דבר והפוכו; אולם נלכה נא לקראת החזיון להבינו ולדעת ענינו.

חכמי האור יורונו להבין דבר זה: כל קו אור ילך ישר בדרכו, ולא יכלף ארחו לנטות ארחות עקלקלות והנטיה אשר אחז בה לא יעזבנה ובה ילך בכל מרחבי התבל אם לא ימצא לו שטן העומד ממולו, ואך כאשר ימצא בדרכו איזה גוף אז ישוב לנטות אחור, כן גם בציור (6): הקוים יהדרו דרך נקב קטן A בהלכם מהתמונה B, עד בואם על הקיר השניה, וכל קו אור יצייר את תמונת הנקודה אשר בא משם, ובהתלקט הקרנים כלם מכל הנקודות אז יבוא הציור H בשלמות על הקיר השניה Д, מפני שהקו K הבא מנקודה אחת מהרגלים, בעברו דרך הנקב A בקיר И ילך בנטית

זווית-EAK שתהיה (ד"מ) 40 יגיע לקיר השניה D במדת הזוית בזאת-40, היא נטית הזוית EAK, ויבוא למעלה לצייר שם הנקודה K שבהרגלים. כן גם הקו השני I שיצא מנקודת הראש ונטיתו היא EAI-60, ישלים דרכו בנטיה זאת גם בעברו דרך הנקב A והלאה, לצד הקיר השניה D בנטיה הנזכרת ויבוא למטה לצייר נקודת הראש, כן גם קו האור השלישי והרביעי ישלימו את דרכם בנטיתם הראשונה, אשר על ידי זה תצויר התמונה כלה בשלמות והיא הפוכה כאשר אתה מראת בציור; כל זאת תהיה אך בהיות הנקב A קטן מאד, אשר אז בסבת קטנו לא יתאחדו ולא יתבלבלו הקוים זה בזה וכל אחד על מקוכו יבוא בשלום, אך אחרת נראה בקחתנו מקבת ונגדיל את החור העשוי ממדתו הראשונה עד F כי אז לא יראה על הקיר A ציור ברור, יען כי קוי האור כלם, בבואם תוך הנקב AF יסתבכו ויתבלבלו זה בזה, וישביתו את ציור התמונה על הקיר D כאשר עוד נבאר זאת ביתר ביאור בפרקים הבאים.

עתה נפן לקראת נסיון שני: קח לך זכוכית גבנונית, משני עבריה (ציור 7) היא הזכוכית A הנודעת לכל בשמה: זכוכית-שורפת (ברענ-גלאס), כי טבעה לשרף כל דבר קל השרפה (.IV, .ו), והיה אם תעמיד את הזכוכית הזאת במקום זריחת השמש בעצם תקפו, ותקח לך גליון ניר ותביאהו בהעבר השני של הזכוכית במקום D אז תראה על הנייר הזה תאיר נקודה אחת הקטנה מזכוכית השורפת אשר זה יוכיח כי כל קוי האור הבאים ממקום C בעברם דרך הזכוכית ינטו ממהלכם הישר וילכו להתקרב אחד אל אחד להיות לקו אור אחד, והיה אם תוסיף גם אז להרחיק את גליון הניר מהזכוכית A לצד B תמצא כי קוי האור ילכו הלוך וקרב אחד אל אחד, עד כי בהביאך את הנייר במקום B, הוא המקום אשר בו יתאחדו כל קוי האור לקרן אור אחד אז תראה כי ברגע אחד יעלה הניר בלהב אש, מפני כי שמה כקרני האור כקרני החום תבואנה בחוברת אחת לשרוף בחומן הגדול את כל הבא בגבולן. הנקודה הזאת תקרא בשם: נקודה-שורפת (ברענפונקט). אם תביט על גליון הנייר טרם השרפו בהיותו בנקודה השורפת תראה ציור השמש קטן ובהיר, אשר מחוזק אורו לא תוכל להביט עליו, ונוכח עיניך תעשינה נקודות נקודות רבות, ארמדמות וירקרקות כמו לו הבטת על השמש. קרני האור ההנה, אם קרני האור הנר תהיינה' אז תראה בנקודה השורפת תמונת הנר, ועיניך הרואות את ציור הלהב העולה למעלה והמשפיל לרדת על הניר בצאת הלהב במחולות לעיניך; פה נוכל לראות כי זכוכית השורפת תהפוך את הציור, ואך השמש יען כי כדור עגול הוא לא נוכל להכיר את ציורו העגול על הנייר כי הפוך הנהו כאשר נוכחנו מציור אור הנר. סבת התהפכות הציור עוד נבאר במאמרנו הבאים.



ב.

מהרת הציור בחדר האפל.

לא דבר חדש הוא אצלנו מעשי חדר האפל, עוד בשנת 1558 דבר הרבה אודותיו החכם פארטא (והוא ממציאו הראשון), בכל זאת נדע ברור כי רוב הקוראים לא ידעוהו וכמו דבר חדש אשר זה עתה נתגלה יראה לעיניהם. לכן לא נוכל עבור עליו בשתיקה, כי אם דברנו את דברנו אודותיו ונבארו ביתר ביאור.

מדוע זה לא תצויר תמונת העוברים בחוץ לפני החלון הפתוח בתוך הבית המואר? מדוע זה נטל עלינו, ברצותנו להוליד תמונת העובר, להאפיל את החדר? כל נקודה השולחת אור תשלח קרניה לכל צד סביבה הלאה הלאה, ולכן בעומד הגשם A (ציור 8) נוכח הקיר B, הנקרא קיר המקבל את האור אם קיר המבדיל, G, לא יהיה) תשלחנה כל נקודות הגשם קוים רבים עליה. ואנחנו בציורנו, יען אשר לא רצינו להרבות בקוים בחרנו לנו אך שלש נקודות ושלש קרני אור מכל הקרנים הרבות היוצאות מכל נקודה, אז תהיה תוצאות הפעולה כי מנקודה E תצא קרן האור הראשונה ותבוא במקום L″, אשר שמה תצייר את תאר הנקודה E, קרן אור השניה תבוא במקום L ותצייר גם היא את תואר נקודת E מהגשם, גם הקרן השלישית L′E גם היא תצייר שלישית תואר הנקודה ההיא במקום L, ולכן, כאשר ראינו, תצויר נקודת הגשם E שלשה פעמים על הקיר B; הנקודה D גם היא תשלח קרניה DI, DI′ עם DI″ בנטיות שונות, אשר גם הנה תציירנה בשלשה מקומות: I, I′, I″ את ציור הנקודה D; במקומות א, א′, א″, אשר שמה יצויר ציור הנקודה C, ומה תהיה אז תוצאות פעולתם? הלא נקל להבין הוא! שלשת הנקודות האלו (E,D,C) תצוירנה כל אחת שלש פעמים על הקיר B, — ובהעלותנו על לב כי לא אך שלש הנקודות האלו כי אם כל נקודות הגשם A תשלחנה קוי אורן הלא נבין כי הגשם A יצויר שלשה פעמים על הקיר, ושלשה ציוריו האלו יכסו זה את זה ויבלבלו את התמונה. והן לפי אשר אמרנו, כי כל נקודה תשלח אך שלשה קוי אור יש בם די לבלבל את התמונה ומה גם אם (כפי שכן הוא באמת) נדע שכל נקודה תשלח קרנים רבות מאד לכל סביבה. ואם נניח כי שטח הקיר B יוכל לקבל (לפי מדת רחבו וארכו) אך אלף קוי אור הלא נבין מזה כי הגשם A יצויר אלף פעמים עלי הקיר B אשר יכסו (הציורים הרבים האלו) זה את זה, הנוכל איפה להכיר את ציור התמונה? הנוכל איפה להבדיל את הציורים הרבים זה מזה? אולם בעזרת קיר המבדיל G נוכל להמעיט את מספר קוי האור הבאים על שטח הקיר B. והיה: אם עוד גדול יהיה החור הפתוח אשר נעשה בקיר G, אשר עוד יוכלו לעבור קוים

רבים מכל נקודה הלא עוד ירבה מכסת הציורים, כי גם אם עשרה קוים יוכלו לחדור בעדו הלא יולידו עשרה ציורים המכסים זה את זה (כן הוא בפועל בחלון ביתנו אשר בסבת שטחו הגדול לא יולדו ציורי האנשים העוברים); אך אם נקטין את נקב הקיר G הלא ימעט מספר הציורים המכסים זה את זה, לכן כל אשר יקטן הנקב כן יוכר הציור יותר וכן יצא בהיר יותר והיה, אם נקב הקיר המקבל את האור קטן יהיה מאד באופן אשר אך קו אור אחד יוכל לעבור בו (הנקודה F הפתוחה) אז מכל קרני האור אשר תשלח הנקודה E תוכל לעבור אך קרן האור EL, לצייר שמה ציור הנקודה E. מקרני האור של הנקודה D יעבור אך DI, ומנקודה C תעבור אך קרן האור CK, ולכן יצויר הגשם A בקיר B אך בציור אחד הבהיר היטב. —

הנה ראינו זה עתה כי כל אשר ימעט רחב הנקב בקיר המבדיל כן יצא בהיר יותר הגשם הנוכח A; ואולם נקל להבין כי אז תכהה תמונת הציור, יען כי אור מעט יעבור להולידו, ואם יהיה מפתח החור קטן יותר מדי אז לא יוכר כמעט תמונת הציור, ואם יהיה גדול יותר מדי אז יתבלבל הציור כאשר ראינו, ולכן נעשה רחב מפתח החור כשעור רחב הזרת; אך זאת יבין כל איש ברצותנו לצייר את התמונה של איזה גשם המאיר באור חזק ובהיר, כמו את ציור השמש או את ציור של איזה מאור אחר נוכל עוד להקטין את רחב הנקב ההוא ואם, להיפך, הגשם הנוכחי יאור באור כהה; אז נצרך להגדיל עוד את רחב הנקב למען הרבה את מספר הקוים העוברים דרך הנקב שלא יהיה הציור רפה וכהה יותר מדי. בערכנו את נסיון חדר האפל נצטרך להעטות את ראשנו ולכפות את צדי החדר במעטפה שחורה למען הרחיק את האור הצדדי שלא יכנס בחדר להשביתו מטהרו, כי כל אור צדדי זר הוא לנו, אשר לא יביא לנו כל תועלת אך יבלבל את ציור הגשם. —

~~~~~~~~

ג.

התגדלות והתקטנות הציור בחדר האפל.

שלשה פועלים ישנם בחדר האפל: גשם המאיר; קיר המבדיל; גם קיר המקבל את האור. הראשון יפעל על תמונת הציור, ומרחק שלשתם יפעל על גדל הציור, ונראה לבאר זאת במאמרנו זה:

כל אשר יתרחק הלאה המאיר מקיר המבדיל כן יתקטן ציורו וכל אשר יתקרב אליו כן יגדל. יען כי כאשר ישנה מרחקו כן תשונה נטית מהלך קוי האור העוברים דרך הנקב; אם יתרחק תקטן נטית קוי האור
~~~~~~~~

העוברים דרך נקב הקיר. והזוית אשר יסגירו בהלכם קטנה היא לכן גם בקע הזוית קטנה היא, והוא גודל הציור על קיר המקבל את האור, ובהתקרבו תגדל נטיתם ועמהן גם גודל הציור; קוי האור השונים העוברים דרך הנקב הפתוח A (ציור 6) יתרחקו יותר זה מזה כל אשר ילכו הלאה בדרכם. קוי אור הנקודות הקצונות AI, AK יתרחקו יותר אחד מרעהו כל אשר יתרחקו מנקודת פגישתם בנקב A והם הלא יקציבו את גדל הציור; לכן כל אשר נעתיק את קיר המקבל האור הלאה מנקב A כן יגדל גדל הציור ולעמתו כל אשר נקרב את הקיר ההוא לעומת הנקב כן יקטן גדלו כמו כן כל אשר ירחיק קיר המבדיל עמדתו מן קיר המקבל את האור לעומת גשם המאיר כן יגדל הרבה גדל הציור, יען כי נטית מהלך קרני האור הגדל (והוא כפי אשר אמרנו שאז יגדל הציור) וגם נוסף לזה הלא עוד ירחק הרבה קיר המקבל את האור מן הנקב וקוי האור ירחקו הרבה זה מזה (וגם מזה יגדל גדל הציור כפי אשר אמרנו), אך לעומתו, כל אשר יתרחק קיר המקבל את האור כן יקטן הרבה גדל ציור הגשם, כי נטית מהלך קוי האור תקטן ובבואים בחדר האפל לא יתרחקו הרבה בנפלם על קיר המקבל. מזה יצא לנו כי אם יעמוד קיר המבדיל בחצי מרחק הגשם מציורו אז יהיה גדל הגשם והציור שוה, שניהם בגדל אחד, וגם זאת נודע לנו כי ככל אשר יעלה על רוחנו לעשות את ציור הגשם כן נוכל לעשות, גם אם הגשם המצויר הוא גשם הרחוק מאתנו אשר אין ביכלתנו להקריבו או להרחיקו מקור המבדיל, והוא:

הן בהרחקת או בהקרבת קיר המבדיל והן בהרחקת או בהקרבת קיר המקבל את האור נוכל להגדיל או להקטין את ציורו. ובנסיון אחד קל נוכל לנסות את כל אשר אמרנו בזה: בחדר אחד אשר אור השמש לא יהדור בעדו ואפל הוא נביא נר אחד אשר אך הוא יאיר את חשכתו, גם נקח לנו איזה לוח רחב מאד העומד על בסים למען אשר נוכל להרחיקו להקריבו כחפצנו, ובאמצעיתו נקוב חור אחד קטן אשר אך בעדו, יכלו לעבור קרני אור אחדים להאיר את האפלה הגדולה אשר השליך אחריו הלוח הגדול. שמה בחשכת הצל נביא לוח שני העומד על בסים למען נוכל לשנות עמדתו כחפצנו, ויהיה לנו הנר לגשם המאיר, הלוח הגדול — לקור המבדיל והלוח השני לקיר המקבל את האור, ועליו נראה היטב את ציור הנר בהעלותו את להבו או בהורידו אך בתמונה הפוכה. גדל הציור ישתוה לגדל הנר בעמוד קיר המבדיל בחצי מרחק הנר מהלוח הקטן; אז אם גם נוסיף להעתיק את הנר לאחור וכמדתו את הלוח הקטן נעתיק לאחור גם אז ישתוו גדל הנר וציורו על הלוח הקטן אף כי בהעתקת הנר הגדילו נטית מהלך קרני האור אך הלא לעומתה ירחקו הרבה זה מזה בעברם דרך הנקב לבוא על שטח לוח המקבל את האור, וכן אם נקריב שניהם במדה שוה אל

לוח המקבל גם אז יהיה גדל הנר והציור שוה כפי אשר אמרנו; אולם בהקריבנו או בהרחיקנו את האחד ואת השני לא נמוש ממקומו או נמצא שנוי בגדלם, אשר השנוי הזה יהיה גם בהעתיקנו את לוח המבדיל לאחריו או לפניו:

בדרך זה נוכל להכין לנו חדרי-אפל קטנים עשוים מתבות קטנות באופן אשר בהעתיקנו את מקום לוח המקבל את האור או את הלוח המבדיל בין האור נשנה כרגע את דמות האיש העומד נוכח קיר המבדיל בין האור להגדילו או להקטינו כאשר באו־נו למעלה. כל איש זר מחכמת הטבע ישתומם מאד על החזיון הנקל הזה כי פלאים תחזינה עיניו ובכל זאת, אף כי ישתומם למראה עיניו, לא לבו יהלך לחקור אחרי מהות החזיון הזה לבוא עד חקרו. אך למה זה נתפלא עלי אנשים כאלה? הלא מעשים כאלה בכל יום יראו ולא יתעוררו לשאול מדוע? ולמה? כי לבם אחרי בצעם הולך, יתהפכו בתחבולותיהם אך למלאות זהב חוריהם; אולם! אתם אנשי חומדי-כסף ידעתי נאמנה כי לו גם מחזיון כזה מוצא לכסף נגלה לפניכם או אז לא היה הוא לכם כמו שעשוע ריק אשר אין בו למלאות את כיסכם. לכן שמעו לי והטו אזנכם אלי: חזיון חדר האפל מפזר כסף הוא. כסף וזהב רב ישליך במקום לא ידעהו אנוש, שמעו נא אלי הפעם אנהגכם אביאכם במקום אשר שמה תמצאו כסף וזהב רב אשר פזר ביד נדיבה חזיון חדר האפל, אשר עד עתה אך למשחק לקחתם אותו!...



ד.

קבוץ חדרי־אפל.

אנשים חומדי-כסף! אם רוח הכסף לכסף הביאכם אלי בואו נא אתי נלכה נא יחד לשוח ביערים בבי־העצים, אמשככם אחרי הלא בטח תלכו עמדי גם אם ביער אקראכם! ובכן הננו ביער חשוך ואפל אשר אור השמש כמעט לא יהל שמה אך חשכת ליל ועלטה נוראה סביבותינו. אך מה לכם בני אדם כי שמחתכם נראתה על פניכם? קבוץ מטבעות זהב וכסף לפניכם; אולם אל תעיזו לשלוח בם יד לא לכם הם, יען מאסתם בם! אם אך בכסף תבחרו ובכסף דעת תמאסו גם הכסף הזה לא לכם הוא, אך לאוהבי חכמה הוא. אך אתם קוראים נכבדים אשר רוח הדעת יפעמכם הכסף הוא לכם קחוהו בכל אשר תאוה נפשכם, ידעתי כי נפשכם תערוג אך לדעת מוצאם ומי הולידם, לכן לא אמנע מכם גם זאת ואומר לכם די באר כי השמש המאיר בקרניו המוזהבים בירקרק חרוץ הוא השליך את קרני אורו ביערים

האלה (להתעות לבב האנשים אשר אך „זהב זהב" יקראו;) אולם, עוד יוסיפו לשאול, מדוע זה יולדו אך ביער חשך ואפל? מאין תבוא להם תמונתם העיגולית והעליפסית? גם זאת תבואר לנו די באר; הזיונות האלו הנה החזיונות אשר ראינו בחדר האפל, כי גם היער עם עלי האילנות הרר־אפל הוא: השמש הוא הגשם המאיר, השולח קרניו בחדר האפל, אדמת היער היא מקבלת את קרני אור השמש, ענפי העצים ועליהם אשר יכסו את הככר ההוא מבלי נתון עבור קרני השמש בם הם יפעלו בתור קיר המבדיל, ועגולי האור אשר יראו על אדמת היער הם המה דמות השמש העגול אשר יצויר בעבור אורו דרך המקומות החפשים מעלים, ויען כי מקומות פתוחים ימצאו הרבה לכן יראו ציורי השמש הרבה אשר יפלו אחד על רעהו ויכסהו מעט ויולידו שניהם ביחד תמונת עליפסע אשר לעין הרואה יתראו כמו מטבעות זהב צבורים ומונחים זה על זה, ותמונות רבות כאלו יקראו בשם קבוץ חדרי־אפל. בשבת היהודי עת מועד חג האסיף בסכתו והשמש ממעל יזרח בעד כסוי ענפי העצים ממעלה באורו המוזהב בזהב פרוים; אז יגלה לעיניו חזיון קבוץ חררי־אפל על קיר סכתו, קוי אור השמש יתאספו בדמות מטבעות זהב וכסף מונחים זה על זה, אשר תתענג עליהם עין הרואה, ועוד יותר יתפלא בידעו כי דמות מראה השמש הוא. הרוכב בגאותו במרומי שחקים.

גם אנחנו נוכל להעריך לנו חדר אפל כזה אם נקוב נקבים רבים וקטנים קרובים אחד לרעהו, או אם נעמיד במקום דלת הבית המופנה לאור השמש איזה לוח רחב כרחב הדלת ואשר באמצעיתו יהיה סדק קצר וארוך ואז נראה על פני האדמה קו אור קצר וארוך אשר נכיר כי הוא קבוץ עגולים רבים השוכנים אחד על רעהו, ובמקום שני קצות הקו נכיר היטב את העיגולים האחרונים, יען כי עליהם לא יפלו עוד עגולים אחרים ולכן יראו היטב לעין.

עתה תתעורר שאלה חדשה: הלא המפתח אשר קבוצת עלי העצים יולידוהו איננו עגול אך בעל קצוות, כן גם אם נקוב איזה חור בעל קצוות בקיר המבדיל של חדר-האפל גם אז יולד ציור האור העובר בעדו בדמות עגול, או — אם הקצוות גדולים המה יולד בדמות עליפסע, והלא בסבת חדור האור דרך כל רחב הנקב יתחייב כי יוליד דמות הנקב על קיר המקבל את האור, הלא כי כאשר נשנהו כן ישונו גם מספר ונטית קרני האור, כפי אשר ראינו הלא לא תסוב (אונאבהענגיג) תמונת ציור האור לתואר מפתח החור, אך מעגול נוכל לשנהו לעליפסע כאשר נשנה את הנקב, ובדמות בעל קצוות לא נוכל להוליד לעולם אם לא נגדיל את מפתח הנקב יותר מדי, ומדוע? גם חכמי קדם-חכמי יון גם הם עוד בימיהם בקשו פשר דבר החזיון הנפלא הזה, אך יען אשר עוד טרם ידעו מפעולת קרני האור של גשם ארצי בבואן בחדר-האפל, (כי אך פארטא גלהו בשנת 1558) לכן

לא יכלו גם למצוא פשר דבר זה; אך האיש מאוראליקום עוד טרם ידע גם הוא מפעולת חדר-האפל (בסוף ימי חייו נתגלה) באר היטב את החדה הזאת ועתה אחרי כי חדר האפל לא נעלם מאתנו נדע ברור כי אמנם כן הוא: כל נקודה תוליד לפי מהלך הקרנים את פני ציור השמש, ולכן יולדו ציורים רבים המכסים אחד את רעהו, ולכן אם מפתח הנקב עגול הוא יכסו העגולים הצדדים את העגול התכון והראשי וגם אז יולד ציור עגול, אך בהרחיבנו את מפתח החור במקום אחד, אשר בזה נשנה את תמונת עגול החור לבעל קצוות אז יולד עוד עגול אחד או יותר, לפי ארך מפתח הצדדי אשר יכסו מעט את העיגולים הראשים, ולכן תולד תמונת עליפסע, אשר היא קבוץ כל העיגולים השונים אשר יולדו בסבת רחב מפתח החור, ונקראם: חזיונות ציורי האור בחדר האפל.—



ה.

הדר האפל בהרכבת עדשה זכוכית.

לפי אשר ראינו (II, ב.) נמצא חסרון בחדר האפל והוא אם נרחיב את מפתח החור אז יוכר היטב הציור, ואם נקטינו אז יכהו פניו עד כי לא יוכר משחור מראיהם עתה נוכל לתקן את החסרון הזה בעזרת זכוכית גבנונית (II, א.) אשר היא בדמות עדשה.

כל הזיונותיה אשר תוליד בשדה חכמת האור נביא עוד למטה (IV) ופה נבאר את כל הדרוש לענינינו.

אם יעמוד גשם F (עיין ציור 9.) נוכח זכוכית גבנונית N אז קוי אורו היוצאים מנקודה אחת ממנו ובלכתם יתרחקו זה מזה ויפלו בנטיות שונות על פני הזכוכית B, ישובו ויתאחדו שנית במקום הציור F, ואם נחקור למצא את דרך קרני האור בזכוכית הזאת אז נמצא (אם נדרוש אך אחרי דרכי שלש קרני אור שלא להרבות בקוים) דרך קוי האור C היוצא מן הנקודה C ישר עד פגשו את פני הזכוכית העקומה ואז לפי חק השבירה יתעקם וירד מטה מעט ובנטיה כזאת ילך במלא רחב הזכוכית אך בבואו לעבר השני העקום גם אז ישבר לפי חקי השבירה וירד עוד למטה, עד אשר יבוא בנקודה C; קרן האור השניה' C בפגשה את פני הזכוכית בנטיה יותר קטנה תשבר גם היא (בשבירה הקטנה מקרן האור הראשונה לפי חקי השבירה) בפעם הראשונה, ובבואה לעבר השני תשבר שנית, עד אשר תבוא גם בנקודה C; כן גם קרן אור C לפי נטיתה בפגשה את עקימת פני הזכוכית תשבר שתי פעמים בבואה בה ובצאתה

עד כי גם היא וכן הנשארות היוצאות מהנקודה שיתאספו במקום הציור C כן נמצא גם את מהלך קרני האור מהנקודה A הבאים בנקודת הציור F או היוצאים מהנקודה D ובאות אחרי שבירתן כחק בנקודת האוסף *D*. היוצא מזה כי הגשם A יציור במקום *A* בתמונה הפוכה כתמונה אשר ילד חדר האפל. לכן נקיב בקיר המבדיל של חדר האפל נקב גדול ובו נשים את זכוכית הגבנונית, אשר במרחק קצוב תוליד את הציור *A* מהגשם A וכמה מעלות גדולות וטובות לקיר המבדיל אשר נתן בו זכוכית כזאת מהראשונה אשר דברנו בה עד כה (הוא חור בלי זכוכית), כי באופן הראשון אם נרחיב את הנקב ומכל נקודות הגשם המאיר יוכלו לעבור איזה מספר קוים מאירים אז יתבולל הציור ולא יוכר לעינינו, ואף אז יטהר בהמעיטנו את מכסת קוי אור בעוד אשר בזכוכית גבנונית יוכל לעבור גם אור רב ולא יבולע לו, ולכן יבוחר תמיד חדר האפל עם זכוכית גבנונית כי הציור בהיר יראה ואף ציור אחד יוליד וגופים גדולים יוכרו בהיר היטב.—

אף כי הכרנו בזה את תועלת הזכוכית הגבנונית בחדר האפל, בכל זאת יש עוד חסרון אחד (גם יוכל להמנות כאשר נראה) אשר בעבורו יתבלבל הציור, יען לפי אשר עוד נראה לפי חקי השבירה יתחייב כי כל אשר יתרחק גשם המאיר מן חדר האפל כן צריך להרחיק בערך קצוב את לוח המקבל האור מלוח המבדיל — הוא מן זכוכית הגבנונית, ובזה ישתנה הציור, הבא מן נקב חפשי מזכוכית, מהציור הנולד משבירת קרני האור העוברות דרך חזכוכית. בראשון יולד ציור הגשם במלוא הרחב אשר מן המפתח והלאה (עד אין קץ) ואף קרוב להמפתח קטן הוא יען כי קרני האור לא התרחקו עוד הרבה, ומשם והלאה ילך ויתגדל, לכן נוכל לאמר כי ציור הגשם מצויר היטב בכל המרחק מהמפתח והלאה, ואף בשיעור גדלו ישתנה; אולם לא כן הוא הציור אשר תוליד זכוכית גבנונית! כי כאשר נראה בציור 9 שאך במקום A, אשר שמה יתאספו כל קרני האור אשר יצאו בראשונה מנקודה אחת שמה יולד הציור כליל בהדרו, ולפני או לאחרי המקום הזה לא יולד כל ציור אך קרני אור, יען כי זכוכית גבנונית תוליד ציור מחויב הנמצא בפועל (III. ד.) אך במקום קצוב הנקרא מרחק הציור (בילד־וועיטע) לכן למען הפיל את הציור על לוח המקבל את האור נצטרך להעמיד את לוח המקבל במרחק הציור, ומרחק הציור הלא ישתנה לפי מרחק הגשם מן זכוכית הגבנונית, לכן דבר קשה היא להקציב בכל פעם לפי מרחק הגשם את מדת מרחק הציור, ואם נביא לוח המקבל לפניו או אחרי המרחק ההוא גם אם קרוב אליו מאד יכהו פניו לבלי הוליד ציור בהיר וצח. למנות גם את חחסרון הזה נביא את זכוכית הגבנונית בתוך קנה ארוך המושם בתוך חלל המפתח, ובעזרת שרויבע אשר נשים לתכלית זאת נעתיק את הקנה הזה לאחור, או לפנים, עד אשר יראה בהיר היטב, ואז נדע כי לוח המקבל את הציור הוא עומד הכן בתוך מרחק הציור. אך

זאת נעיר כי ברצותנו להוליד ציור מגשם הרחוק הרבה מאתנו נצטרך להעתיק לאחור את הקנה להגדיל את מדת מרחק הציור, וברצותנו להוליד ציור גשם. הקרוב אלינו נצטרך להעתיק לפנים את הקנה להקטין מרחק הזכוכית מלוח המקבל את הציור, ובזה נבוא חיש קל אל מטרתנו.



ו.

חדר-אפל ערוך ומתוקן היטב.

כיום ימצאו חדרי־אפל קטנים אשר נוכל להביאם ממקום למקום — (טראגבארע קאַמעראָ אָבסקורא), ומתוקנים היטב באופן אשר גלה החכם האָקע (1879) והוא בתמונת תבה קטנה (ציור 10) ויען כי בנקל יוכל גם הקורא לעשות לו תבה אפלה, לכן נבקש מאת פניו כי גם הוא יעשה בכל אשר נאמר לו בזה, ואז יבין היטב את בנין התבה האפלה הזאת: יקח לו תבה קטנה המסוגרה מסביב בקירות לבלי נתון עבור את האור הצדדי בתבה, למען תהיה תוכה אפילה, גם ידביק על קירותיה מבית ניר שחור או יכסם בירועה שחורה למען העבר הלאה האור הזר הבא בתוכה פנימה. בקיר אחד אשר נפנהו לצד האור ואשר בתוכו עשינו נקב, אשר רק בתוכו יוכל לעבור אור הגשם הנוכחי לצייר את תמונתו פנימה נביא קנה הלול ארוך אחד הנמצא בתוכו זכוכית גבנונית שפעולותיה כבר ראינו (II, ה.) והיא לחבר שנית את קוי אור השונים בנטית מהלכם מנקודה אחת בהביאה אותם שוב שנית בנקודה אחת ובזאת יצויר הגשם היטב, בהיר וצח. אז נקח מהתבה את הקיר העומדת נגד הקיר הנקוב אשר בתוכו ימצא הקנה, ובמקומה נביא ניר שקוף רטוב בנפט או בשמן; או זכוכית לבנה או חלבית (מילכגלאַס, מאַטט געשליפענע גלאס), אז נוכל להכיר היטב בעברה החצון (אַוסערע אָסערפלאכע) את הציור המצויר בעברה הפנימי, והיא תהיה לנו ללוח המקבל את האור (II, ב.) הבא מן הגשם העומד נוכח זכוכית הגבנונית. נקח לנו איזה גשם המואר מאת אור השמש או מאיזה מקור אחר ונעמידהו נוכח הקנה למען ילכו ויעברו קרני אורו בתבה האפלה הזאת דרך הזכוכית, הגבנונית ונתבונן על ציורו הנראה מעבר לוח המקבל את האור ואם לא יראה בהיר אז נוכל להעתיק ולהביא את הקנה —נושא זכוכית הגבנונית — בתוך התבה שבזאת נקרב את הזכוכית אל לוח המקבל את האור, ואם גם אז לא יצויר היטב נוכל להעתיק ולהרחיק יותר את הקנה החוצה, עד אשר נמצא את מרחק הציור, לאמר: מרחק זכוכית הגבנונית מן לוח המקבל את האור יהיה מרחק הדרוש להוליד ציור בהיר

וצח אשר על פני הזכוכית הלבנה או על פני הניר השקוף יפול מציור הגשם המאיר, אשר העמדנוהו נוכח הקנה יראה היטב על לוח המקבל את האור ואם איש אחד ממכירנו יעמוד שם יראה כמו חי על הלוח ההוא, ואז נוכל להוסיף ולעשות נסיונותינו ולצוות על האיש להתרחק מן התבה האפלה אשר ישמר לעמוד נוכח מפתח הקנה, ובמלאו את פקודתנו נראה את ציורו על הזכוכית הנכהה מרגע לרגע עד כי לא יוכר לאיש מראהו, ואך בזאת נוכל לצייר שנית את תמונתו כדרוש בהעתיקנו חוצה את הקנה להרחיק את זכוכית הגבנונית מן מקום הציור (II, ה.) עד כי נוכח כי ככל אשר יתרחק האיש מהתבה כן נטל עלינו להעתיק לאחור את הקנה, כי מרחק הציור גדול היא עתה יותר מכבראשונה, וכל אשר ישוב להתקרב כן נוטל עלינו להעתיק פנימה את הקנה להפיל את הציור עלי לוח המקבל את האור אם נפנה את מפתח הקנה למול גשם שמימי ונקציב היטב את מרחק ציורו נמצא כי המרחק הזה אחד הוא לכל גשם שמימי ולא ישתנה בהם, כמו באחד כן הוא בשני; המרחק הזה רב-פעלים הוא ורב התועלת כאשר נראה (IV); אולם אל ידמה לבך קורא יקר כי גשם שמימי יען שמימי היא לכן לו אך לו נתנה הסגולה להצטיר במו הנקודה הנעלה ההיא! לא באשר שמימי הוא אך יען כי החוק הוא הרבה מאתנו כאשר עוד נראה, וגם פה עלי ארמות, לו בידנו היה להרחיק את הגשם המאיר במרחק עצום אז, גם כל גשם רחוק הפיל ציורו בנקודה ההיא, ופשר דבר זה עוד יודע בדברנו על אדות הזכוכית הזאת ומהלך הקרנים בה. — — — — —

קורא יקר! הנה ראית ואולי גם בידך עשית לך את התבה הנפלאה— „התבה האפלה", אמנם דע לך כי עוד לא ראית כלי שלם ומתוקן לכל משפטיו וחקותיו כי עוד ישנם הסרונות לתבה הנ"ל אשר אותם ראו חכמי הטבע למנות ע"י תחבולות שונות ואלו הן: זכוכית גבנונית פשוטה יש בטבעה להוליד צבעים זרים בצדי הציור המשביתים את טהר התמונה. גם הציור בעצמו יצא עקום מעט, מסבת עקמימות הזכוכית. ע"כ ראו ראשית להם למצוא את הזכוכית מסירה הצבעים (אכראמאטיש .XIII) יוזאת שנית כי נתנו על הזכוכית הגבנונית טבעת עגולה אשר תכסה את הזכוכית מסביב ולא תתן את האור לעבור כי אם באמצע הזכוכית ובזה יתקנו את התמונה לבל הצ׳ עקומה.

ואך יען כי בהטבעת מעטנו את מכסת האור העובר בתבה להוליד ציור הגשם, שאז האחרון יוכל להראות כהה יותר מדי אם הגשם המצויר הוא מאיר באור חלש וכהה, לכן נכין לנו טבעות שונות רחבות וקצרות, אשר ו ליפות נשימן על זכוכית הגבנונית לפי עצמיות אור הגשם אם בהיר הוא או אם כהה מראהו. תבה-אפלה כזאת תביא תועלת עצומה למצירי ציורים בעזרת האור (פאָטאָגראַפיסטען); כי הוא תביא במקום נקודת הציור, תחת זכוכית הלבנה או או הניר השקוף ניר אחד טבול בהמסות שונות

(במקומו יבואר), והניר הזה אשר על פניו ימצאו יסודות חימיים שונים יתרגש מהציור הנופל עליו ובעזרת החימי' ישאר הציור ההוא לימים רבים.

ז.

מתי יעזב האור את דרכו הישר ?

הן רבות דברנו על אדות מעשי חדר האפל הנפלא ועל אדות הציורים הנחמדים הנולדים בקרבו, הכברנו מלים לבאר מעשיו, הרכבתו ובמה כחו גדול להפליא את עין האדם, גם תועלתו נדע ברור, והוא התועלת אשר יביא למצירי ציורים בעזרת האור (פאטאגראפיע); אולם עתה כאשר נרצה לפנות אל ענין אחר, אשר גם הוא יוליד ציורי אור עוד יותר נפלאים ואשר בהם יביא תועלת לאדם רב יום יום, ואם ואך שונה הוא הרבה מפעולת הראשון, לכן נשוב מעט על עקבנו ונשאול מאת פני הקורא שישים לבו להשיב לנו תשובה ברורה ונמרצה בשתים שלש מלים על השאלה אשר נשאלהו: איזה חק טבעי יוליד את ציורי האור הנחמדים והמרהיבי עין בחדר האפל? או איזה חק יבא לנו מתוצאות הזיון הציורים בחדר האפל? ידענו גם ידענו כי לא יבצר ממך להשיב תשובה כהלכה, אך לא להלאותך בדברים ולהעמים עליך מחשבות שונות באנו הפעם ולכן נצא לך לעזרה: הוא חק ישרת מהלך קרני האור! ויען נחשוב למשפט כי הקורא מראש שאלתנו יעננו כזאת לכן הלא למותר לבארו עוד יותר, ועוד, הלא בפרקים הראשונים דברנו כי הרבה אשר כל קורא משכיל יבינו ברור היטב.—

הנה קורא יקר, דע לך כי קו האור ילך דרך ישר כאשר לא יפגוש מעצור בעדו; אולם הקורא המשכיל הלא עוד יוסיף לשאול: „ומה יעשה אז קו האור כאשר יפגוש בדרכו איזה גשם עכור, אשר לא יתן לאור דרך בעדו, ואשר יעצור בעד דרך קו האור הישר?"

אמנם כן שאלה היא, וחכמי הטבע רבות חקרו במקצוע ההוא אשר אנחנו לא נוכל להבינך במלים מעטים ולכן יען כי מלאך לבך הקורא לשאלנו כזאת הלא תשים לבך לדברנו כאשר נטיב עמך לבאר את השאלה הזאת.

מה יעשה קו האור בפגשו גשם עוצר בעד דרכו הישר? האם יעמוד תחתיו ולא ימוש משם? הלא זה האור אשר יתנועע במהירות גדולה ונמרצה עד למאד ימעיט פתאום כל מהירותו הנמהרה בפגשו גשם עכור בדרכו, הלא בלתי אפשר הוא, וגם הנסיון יכחיש זאת! לכן הלא, כאשר נבין, נוטל על האור לעזוב את נטית מהלכו הישר הראשון ולבחור בדרך אחרת

לשוב בה לאחור אל מול המקום אשר משם יצא ללכת: הנה זאת חקרנוה כן היא. הנה לפננו השטח אשר בה נוטל על האור לבחור בו הדרך השניה והוא השטח אשר נמשך מן הגשם העכור העוצר בעד דרך האור למול הנקודה אשר משם בא קו האור בראשונה, ובשטח הזה הן לנו קו ישר ידוע, הוא קו מהלך האור בראשונה, אשר בה הלך עדי הגיע לגשם המעצר בעדו, ועתה נלכה לבקש את מהלך קו האור השני שלפי מה שאמרנו יתחייב שיפול תוך השטח הזה.

האם ישוב קו האור לאחור בדרך אשר בא עליה או הלא שטח רחב ידים לפניו אם יבחר לו איזה דרך חדש לשוב בו על עקבו? הנה הלא נבין כי אם קו האור ישוב בדרך, אשר בא עליה, לא יסגור שום זוית; אולם אם קו האור יבחר לו דרך אחרת הנמשכת בתוך השטח ההוא אז יוליד בלכתו ובשובו איזה זוית אשר בידענו את מדת הזוית נוכל לקצוב את מהלך קו האור בשובו לאחור, ואנחנו בפעל (אין דער טהאט) נמצא את שני האופנים לאמר: יש אשר לפעמים בלי שום סגורת זוית ישוב בדרך אשר בא בה בראשונה, ויש אשר גם יט הצדה, ואז יסגיר זוית, והזוית ההיא איננה קצובה תמיד בשיעור אחד כי תשתנה מפעם לפעם, נלך נא הפעם לאמת את כל אשר אמרנו כפי אשר רוח מבינתנו יאלפנו נקח לנו נר אחד A (ציור 11), ונעמידהו למול גשם עכור המעציר בעד מהלך האור הוא הגשם F בציור, אזי אם לא נתבונן על כל קוי האור השונים היוצאים מהנקודות השונות אשר תמצאינה בנר A, נתבונן אך על הקוים ההם היוצאים מנקודה אחת B ויפלו על שטח הגשם F; כידוע יצאו מנקודה ההיא קוי אור רבים סביב הנקודה הזאת. אך מכלם נתבונן על אותם אשר יפגשו במהלכם את שטח המגביל את הגשם F— aa. נתבונן על מהלכם ושובם לאחור. כל נקודה מהקו aa′ תואר מנקודת אור אחת היוצאת מנקודה B; אולם כל נקודה תבוא בנטיה שונה מרעותה, כאשר נראה בחוש: הנקודה a תואר מקרן אור הבא מן B ויען, כאשר ידע הקורא, כי הלך קו האור עד a במהלך ישר לכן יהיה מהלכו Ba דרך ישר. אם נעריך את הקו הזה עם קו Bb שהוא מהלך האור אשר הגיע עד б נמצא כי הראשון נטוי יותר על מישר הקו aa′ מהקו Bб והאחרון יהיה יותר נטוי על הקו aa′ מן קו האור BB′, אשר זה האחרון נפל על aa′ במטית קו נצב, והוא: קו BB עומד ישר על קו aa′. קוי האור ההולכים בדרך Ba′, Bб עם Bc′ יפלו בנטיה כזאת על הקו aa′ השוים לנטית קוי האור הנזכרים Ba Bб′ עם Bc. הקוים האלה בחרנו, להקציב את נטית דרכם בשובם לאחור. ראה זה מצאו החכמים: שכל אשר תתגדל נטית קו האור הנופל על השטח המחזיר את האור לאחור, כן תתגדל נטיתו בחזירתו שוב לאחור, או: כנטית קו האור הנופל כן תהיה נטיתו בשובו לאחור. לכן ברצותנו למצא את הדרך אשר בו ישוב האור לאהור נוריד

עמוד נצב על הקו aa′, בנקודה אשר בה יפול קו האור, ובקו שלישי נעשה מהעבר השני איזה זוית עם קו אור הנופל, אשר ישוה לזוית אשר יסגור קו אור הנופל עם העמוד הנצב. ובמסלת קו השלישי הזה ילך קו האור בשובו מדרכו לאחור. בדרך הזה נמצא את חזרת קוי האור בציור 11:

קו האור BB′ הלא יפול על קו השטח aa בנטית עמוד נצב עליו. אשר יוליד שתי זויות נצבות (של 90°) בחצותו לשנים את השטח ההוא, והוא גם הוא העמוד הנצב אשר נוריד על נקודת נפילתו B (יען כנודע נוכל להוריד על נקודה אחת אך עמוד נצב אחד). לכן גם הוא הוא דרך קו האור אשר ישוב משום לאחור, לאמר: בדרך (BB′) אשר בא בה ישוב לאחור, — לכן ברצותנו להחזיר קו האור בנטית הקו אשר בו הלך בראשונה אז נעמיד את קו המגביל של שטח הגשם המחזיר בנטיה שוה לעומת דרך קו האור, כי אז יפלו קו האור הבא (עמוד הנצב אשר נוריד על נקודת נפילת הקרן), עם קו האור השב לאחור בקו אחד. קו האור הנופל על הנקודה c, הוא Bc מסגיר עם העמוד הנצב ca, היא הזוית Bca, השוה להזוית acG שהקו cG סוגר הזוית ומגבילה, והוא דרך קו האור Bc בשובו; הקו Bc′, אשר נטית נפילתו על aa′ שוה לנטית קו האור Bc באשר מרחקו מן B′ שוה למרחק c′ מן B′ ישוב גם הוא לאחור בנטיה השוה לנטית cg וישוב בדרך c′g′. הזוית Bбa אשר תסוגר מן קו האור הנופל бБ עם העמוד הנצב бa שוה היא להזוית השנית aбE הנסגרת מהקו Eб עם העמוד הנצב אשר מהשתווּת הזאת נדע כי קו האור ישוב בדרך бE: לעומתו מעבר השני ישתוה עם נטית מהלך קו האור הזה מהלך קו האור Bb, וכפי החק יחזור גם הוא לאחור בנטיה שוה לראשון בדרך б E. עוד נמצא גם, לפי החק אשר אמרנו, בהשוותנו את הזוית אשר יסגיר קו האור הנופל Ba עם עמוד הנצב עם הזוית aдD אשר יסגיר קו שלישי, כי קו האור Ba ישוב לאחור בנטית הקו aD, והנטיה הזאת שוה היא להנטיה дD שבה יעזוב קו האור Ba, כשובו לאחור, את הגשם. —

הנה בארנו את חזרת קוי האור היוצא מנקודה אחת; אולם אם גשם רחב השולח קוים יעמוד מול גשם עכור מה תהא עליו בפרקים הבאים נשים מקום להשאלה הזאת.

ח.

חזרת קוי האור במראה המלוטשת.

מלתנו כבר אמורה, כי כל קו אור ילך בדרך ישר ולא יעבת ארחו, אך

על ידי עילה ידועה אשר הכריחו לנטות הצדה. על פי החק הזה נבין ראית התמונות במראה הזכוכית, הידועה לכל אחד מקוראינו, ובטח לא עלה על לבו לדעת כחה ואונה אשר אתה להראינו כל דבר ודבר הנצב ממולה, ואמנם זה הוא ענף אחד מעץ הדעת העומד בתוך גן החכמה, אשר פריו מתוק לחך הטועם אותו, ואך יגיעה גדולה ועבודה רבה ידרש עדי בואנו אליו, לכן נודיע להקורא את הדרך הסלולה אשר בו יבוא בטח אל מחוז חפצו ונלך עתה לבאר את פעולת מראה הזכוכית, ע"פ החק אשר זה לא כביר בארנוהו, הוא חק ישרת מהלך קוי האור, וחק חזרת האור לאחור, נרחיב עתה את דברינו, אלה ביתר ביאור: כל קו אור שבחר לו דרך אחד, אז בפגשו דבר מלוטש הלא יסוג אחור לעומת שבא, לכן גם: אם נציג דבר מלוטש, כמו פח כסף מלוטש היטב, או מראה זכוכית לעומת דרך קו האור הנופל עליו על זוית נצבת, אז ישוב בדרך אשר בא בה, ואך אם נטה את המראה לעומת האור אז ישוב בדרך אחר, אשר לא לא יתאים מאומה עם הדרך אשר בא בה, כאשר כבר ראינו בפרק הקודם ועל ידי זה יכגור זוית, והזוית ההיא תתגדל תמיד בעת שתטה יותר המראה לעומת קרן האור, שים עיניך קורא יקר על הציור 12, ומה אתה רואה בן אדם? הנה מראה מלוטש D עומדת, מקבלת לעומת המוחש G, והנה קו אור אחד C יוצא מראש המוחש, ונוגע עד המראה במקום c, והנה משם יוכפל ויושלך לאחור בדרך אחר cC, ועל ידי זה יעשה זוית GcC (C-), ונשים עינינו עתה על רגל המוחש, והנך רואה גם כן כדבר הזה, כי הקו H בבואו במקום h יושלך לאחוריו דרך hH׳, והוא יעשה זוית GhH׳. עתה נביט ונראה את קו האור היוצא מנקודה אחרת, הוא קו האחר F, הוא יסגיר זוית GfF יותר צרה מהראשונה הסמוכה לה GhH׳, וזת מפני כי נטית מראה הזכוכית לעומת קו אור זה איננה גדולה כמו בראשון. ומפני זה הזוית שהוא עושה היא קטנה במעלותיה לעומת מעלות הזוית GhH׳; אולם אחרת, אם נתבונן על הקו A, קו אור בבואו אל המראה במקום הניסמן באות a יפנה ערפו גם הוא לעומת המראה, וישוב אל מקומו הראשון אל G, ווה לא שנה את דרכו ולא נטה הצדה אף במאומה, ווה אך מסבה הנזכרת יען כי נטית המראה לעומת הקו הזה היא 90° בדיוק. הנה מזה יתדמה לנו ציור התמונה, אשר מול המראה כאלו היא תמצא מצד השני, כי קו H בשובו אחור דרך hH, יראה לנו כאלו חדר דרך המראה רחוק להצד השני במקום E, שמה יצייר רגל התמונה הקו C, בשובו בדרכו החדש cC׳ יראה לנו כי הוא בא לפנים המראה לצייר שמה ראש המוחש. כן גם קו אור A יראה לנו כי גם הוא בא בחברת רעיו לצייר שם את הנקודה התיכונה של המוחש, ודומים להם הקוים האחרים. ויען כי מכל נקודה ונקודה יצאו שלוחים, הם קוי האור, מבוהלים ודחופים אל המראה ובשובם אחור יתדמה לנו כי כלם הלכו לפנים הזכוכית. ומזה תראה תמונת כל דבר

העומד נוכח המראה. תוך המראה. אולם עוד לא תם החזיון, ואנחנו עוד נוכל להוסיף ולשאל: מדוע זה נראה כי בהתרחק המוחש מעבר מזה כן יתרחק שוב הציור לעבר השני, כמו: אם יעמוד איש מול המראה מעבר G ישלח קוי אור פניו אל הזכוכית, והציור יתדמה לנו כי הוא מחוץ להמראה, למקום אשר שם היא נחפה בכסף לבל יעברו דרך הזכוכית, אז כאשר יתרחק האיש ממקומו לאחור כן יתרחק גם הציור לצדו השני? נפון לבאר זאת בעזרת חק חזרת קוי האור:

הנה לפנינו משולשים צרי הזוית הנעשים מקוי האור היוצאים מן המוחש G, נבחר לנו משולש אחר, כמו: משולש GhH', לחשוב על פיהו את החשבונות הדרושים. הנה על פי ההנדסה נדע כי הזוית הגדולה, היא זוית GhE שוה היא במספר מעלותיה אל כמספר מעלות שתי הזויות הקצינות, הן DhH' עם Gha, מפני (אם נכנה את שלשת הזויות ביחד הן: הזוית DhH, DhH' עם Gha בשם A, את הזוית התיכונה לבד: B-HhG, ואת שתי הזויות ביחד: Eha עם C-ahH') כי A-B-c-B. יען A שוה במספרה אל c, כי הזוית A היא במספר מעלותיה 180^0 וכן גם הזוית c כמוה 180^0, וידוע שאם נגרע מספר שוה משני מספרים שנים אז גם הנשארים שוים יהיו זה לזה. לכן אם יתרחק המוחש G ממקומו, אז תתקצר הזוית התכונה HhG במעלותיה, ועל ידי זה יתרבה מספר מעלות הזוית הקצונות DhH', Gha, ושתיהן תתרחבנה מעט, כי הן זויות משלימות, וכנזכר שהזוית המרחבת GhE דומה לשתי הזויות DhH' — Gha, ולכן תתרחב גם זוית המרחבת GhE, ועל ידי זה יפול קצה קו האור H (מדומה לעינינו) רחוק מהמראה להעבר השני כמרחק המוחש מעבר מזה, ועל כן נראה תמיד כי בל מה שיתרחק המוחש לעבר פניו מהמראה, יתדמה לנו כי גם הציור יתרחק מהעבר השני ממנה; הוא דבר נצב וקיים בכל גשם מלוטש המחזיר קוי האור לאחור. —

ט.

די באר!

אולי יסוהך לבך קורא יקר, בשפק ולא תתן אמון לכל אשר יורו החכמים, ולא תוכל האמין כי האור הוא — כפי אשר כבר הוכחנו — הרעדות האטער יושלך לאחור בנטיות שונות לפי אשר יפגוש קו האור בגשם העכור והמלוטש: ואולי גם הצדק אתך, כי לא יאמר לאדם קבל את אשר יורו חוקרי הטבע ואם אין ענש תענש! כן לא יעשה! הבחירה ביד כל איש להאמין או לבלתי האמין בדבריהם וחופשה נתן לו; אולם אם אותות ומופתים

תשאל לך מאתנו גם אז נמלא משאלתך אם אך תשמע את דברינו, ואז תוכח בעזרת נסיון קל כי אמנם כן הוא כאשר אמרו חכמי הטבע ותתן אמון לדבריהם: בקיר חדר גדול ואפל תקוב חור קטן אשר בתוכו יחדור אור השמש בנטיה עקומה, ובמצאך את המקום בבית אשר שם יפול אור השמש תשכיב שם מראה מלוטשת באופן שתהיה מקבלת לשטח הארץ, ואם תבקש את מקום קו האור תמצאהו עלי ספון הבית ממעלה. נקצוב את מקום בדיוק, ונוריד עמוד נצב על הנקודה אשר נפל קו אור השמש על המראה, נמדוד את מדת הזוית הזאת היא זוית הנפילה (עינפאלסווינקעל) אשר תסגר מן קו האור הבא ומן עמוד הנצב. גם נמדוד את מדת הזוית השנית היא זוית החזרה (רעפלעקסיאָנסווינקעאל), ונמצאן שתיהן שוות; אולם כל אשר נוסיף להישיר את שטח המראה למול קו האור הנופל עליה אשר בזאת יתקרב עמוד הנצב אל קו הנופל, והזוית אשר יסגירו שניהם ביחד תתקטן, כן תתקטן גם זוית החזרה, וקו האור ממעל בספון יתקרב יותר ויותר אל מקום בואו בחדר דרך הנקב. הלא נראה ברור את אמתת החק הנפלא אשר זכרנו בזה.

עוד שאלה שניה תוכל לעלות על לב הקורא, אשר מיראנו פן ישאלנו הקורא טרם ימצא באור נכון ישחק לכל חקי הטבע ויאמר כי אך ילדי-רוח המה. אשר הרוח הולידם והרוח ישאם ויבטלם. ובפועל (אין דער טהאט) לא יהיו לעולם, לכן נקדים לתת לו מושג נכון מהראות ציורי הדברים העומדים נוכח המראה במראה: בציור 12 ראינו כי הקוים השונים של הגשם G העומד נוכח המראה D יחזרו כל אחד בחזרה עד כי לעין תתראה כאלו עברו דרך המראה למקום E להתאחד שם לציור בהיר ושלם, אך הלא לפי האמת התרחקו קוי האור יותר ויותר אחד מרעהו, ועין האדם איך תוכל לכללם יחד? הלא מפוזרים ומפורדים המה הרבה אחד מרעהו כאשר נראה ברור בציור? למען הבין באר היטב גם את הדבר הזה נכין לנו ציור אחר (ציור 13), נוכח המראה המלוטשת B נעמיד איזה גשם A השולח קרניו לכל צד, ואדם בא ויקח עמדתו לפני המראה הזאת אשר עינו במקום F. עתה נתבונן על מהלך קו אור הגשם A וחזירתם לאחור: הנקודה a כמובן תשלח קוי אורה לכל צד לכן גם פני המראה B תואר מהקוים האלו היוצאים מהנקודה a, כל אחד יושב אחור לפי החק אשר אמרנו, והוא כי זוית הנפילה תהיה שוה לזוית החזרה: אולם מקוי אור הרבים האלה לא יגיעו לעין כי אם קו האור ההוא אשר העמוד הנצב על נקודת הנפילה יחצה את מרחק נקודה a מן F (אם נמשוך מהנקודות האלו קוים נצבים על המראה, והמרחק אשר אמרנו הוא המרחק שבין נקודות פגישת קויהם הנצבים האלו) למחצה שוה. והוא: אם קו האור יפול בנקודה a, שמה ישבר כדת. זוית הנפילה תשתוה לזוית החזרה, נמצא את קו האור הזה בשובו aF, ויבוא בעין האדם אשר ידמה כי מנקודה a′ בציור A′ בא;

אולם אם נתבונן על קו אור אחד היוצא מנקודה a נמצא כי לא יחדור בעין האדם F; אם נבחר לנו קו האור af אז נמצא כי בשובו לאחור יבוא בנקודה f ויעלם מעין האדם, אך העין אשר תעמוד בנקודה f היא תראה את הנקודה a כאלו היא בנקודה f″ בציור A″. כן יהיה עם כל קוי האור השונים היוצאים מנקודה a. קו האור היוצא מנקודה g מהגשם A אך הוא יחדור לבוא לעין האדם בבואו בנקודה אשר שמה יחצה עמוד הנצב את מרחקו מן העין F למחצה שוה, בהלכו בדרך gr ובשבו לאחור לבוא בדרך rF אל עין האדם אשר תחשוב למשפט כי מנקודה r′ בציור A′ הוא. כן גם מכל קוי אור היוצאים מן הנקודה d לא יחדרו בתוך עין האדם כי אם קו האיר dδ, כי בשובו מדרכו לאחור לפי חק הורת האור, בדרך δF יבוא בתוך העין אשר תחושנו כאלו בא מנוקדה δ′ מן הציור A′. כן גם נקל להבין כי אך קו אור bf מכל קוי האור הרבים היוצאים מנקודה b יראה האדם, יען כי לפי חק החזרה יוחזר בדרך הקו fF בעין האדם, אשר תדמה כי מן f בציור A′ בא; לכן הלא נראה ברור כי העין תקבל מכל נקודה אשר כגשם A אך קו אור אחד, והאחרים ילכו לאבדון בהפורם לצדדים, ואם תשנה העין את מקומה לבוא מן F עד f אז תראה את ציורהגשם A במקום אחר יען כי קוי האור אשר יבואו בתוכה לא יבואו בנטית בואם בעת עמדה במקום F: או יותר ברור נראה אם נתבונן על אשר אמרנו כי קו האור הזה יבוא בשובו לאחור בעין אשר מרחק הנקודה מן העין תחצה לשנים עם העמוד הנצב על נקודת נפילת הקו, לכן, יען כי התקרבה עתה יותר אל הגשם A עד המקום f לכן יבואו בה עתה קוי אור אחרים, אשר נטית בואם על שטח המראה תקטן יותר, כאשר נראה בקו האור af, נטית דרכו תקטן מנטית דרך קו האור aa, אשר גם הוא יצא מהנקודה a, וכן גם מכל נקודות הגשם A תקבל עתה קוי אור אחרים, אשר נטית דרכם תקטן יותר ואשר בבואם בעין f ידמה האדם כאלו יתאחדו לציור אחר העומד מאחורי המראה.

מכל אשר אמרנו נבין כי בעמוד האדם נוכח המראה לראות ציור עצמו בה; אז מכל נקודות האור הרבות היוצאות מעינו, יראה אך את ההיא אשר תבוא בנטיה ישרה, בדמות עמוד נצב על שטח המראה (II, ז.) וקויה האחרים לא יבואו בה שנית בשובם; אולם מקוי האור היוצאים משערת ראשו יראה אך את הקו ההוא הבא על שטח המראה בנטיה, ואת הנטיה הזאת נמצא במשכנו על המראה קו קטן אשר מדת ארכו הוא כמדת חצי המרחק של העין מן השער, ונמשך למעלה נצב, וקצהו האחד יעמוד על הנקודה אשר שמה תראה ציור העין, ולעין האדם יראה כאלו עבר דרך המראה לעבר השני, ויען כי הנטיה הזאת תתקטן כל אשר יתרחק האדם מן המראה, והשעור אשר יתן לנו את נטית דרך קו האור הבא מן השער קצוב הוא תמיד ולא ישתנה, לכן יצא מזה כי לפי המרחק אשר יתרחק האדם מעבר מזה כן יתרחק הציור מעבר השני (N, ח.). יצא לנו

מזה כלל חדש: מרחק הגשם מעבר מזה מהמראה, ומרחק הציור מעבר השני שוה הוא תמיד, כל אשר יתקרב ויתרחק הראשון כן יתקרב ויתרחק גם השני.—

ציור הגשם במראה הוא דומה (סימעטריש) ולא מקביל, לאמר עין האדם הימנית תראה בציור לצד שמאל והשמאלית תראה לצד ימין, ידו הימנית תראה לשמאל, וידו השמאלית — לימין. וכאשר נתבונן היטב על חק חזרת האור נמצא גם ביאור המחזה הזה, יען כי קוי האור היוצאים מידו הימנית בבואם שנית בהעין יראו כאלו עברו דרך המראה להצד אשר שמה חזרו, לכן האיש העומד לקראת המראה ופניו מזרחה יראה ציור ידו הימנית, אשר היא לדרומה, גם הוא לדרום, וציור ידו השמאלית — צפונה; ציור ידו הימינית תראה כאלו היא השמאלית, כי פני ציור האיש הוא מופנה אל האיש העומד נוכח המראה, אך בנקל נוכח כי ידו השמאלית בציור הוא הימנית: אם נגביה למעלה את היד הימנית אז תעלה יד השמאלית בציור, כן גם אם נאחז דבר מה בידנו הימנית יראה בציור כי יד השמאלית תאחזנו, אשר מזה נוכח כי היד, אשר בציור תראה לשמאלית הימנית היא.





הרכבת מראות.

מה נעים ומה נחמד מראה הציור בתוך מראה מלוטשת! כל דבר יעמוד כמו חי לעינינו ולא תחסר אף נקודה אחת אשר לא תשיב המראה לעינינו, נפלא הוא במאד! עתה אם מראה אחת תראינו נפלאות האלה הלא ירבה ויעלה מספרן עד מאד אם שתי מראות מלוטשות נקח לנו להתבונן על חזרת האור בהן. לכן קורא יקר, קח בידך שתי מראות טובות ותשימן בשני צדי הראש מזה אחת ומזה אחת, אך מקבילות תהיינה אשה לרעותה, אז כאשר נבין גם מראש: כל מראה תראה לנו את ציור הראש, אחרי כן יחזירנו להמראה השנית להוליד גם בה ציור שני מלבד הראשי והראשון, גם אז עוד תוסיף השנית להשיבהו בראשונה, אשר היא תשיבנו גם בפעם הזאת לאחור, וכן יוחזר ציור הראש ממראה למראה וכל אשר ירבה מספר חזרתו כן יתרבה מספרו ויראה במקום הרחוק יותר מהראשונים, ולכן הלא נדמה לנו כי מכסת הציורים האלו לא יתם. וכי יראה לעינינו ציור הראש בשתי המראות במספר בלתי נגבל ובמרחק אין סוף; אולם הציורים הרבים האלו יכהו יותר ויותר אחד מהשני כל אשר יתרחקו יותר, עד כי יכהו מאד ועינינו תקצר מראות ציורים חדשים, ובזה יכלה מספר הציורים

הרבים. פשר דבר זה נמצא אם נשים פנינו לקראת חקי הטבע: לעולם יבצר מאתנו להכין מראה מלוטשת אשר תראינו את הציור העצמי ברור היטב בכמות הבהירות אשר יהיה לגשם העומד נוכח המראה וכאשר הורו חכמי הטבע כי גם במראה היותר טובה; יפעלו מן האור הנופל מן הגשם על המראה להוליד הציור אך כמו שבעה עשיריות ושלשה העשיריות הנשארות ילכו לאבדון בסבת התפזרם, שבירתם ובליעת הזכוכית אותם, בהחליפת אותם לכח אחר, ובאשר יבצר ממנו מזימה לערוך את המראה המלוטשת שלא תאביד את האור לכן לא נוכל לעשות לנו מראה מלוטשת, אשר תשיב לעין האדם את כל הבהירות אשר קבלה ממנו. זאת היא מורת רוח להעלמות העדינות בלבשן שני עם עדנים ומעלות עדי זהב על לבושיהן! הנה כבר התקשטו יותר על המדה ומראה המלוטשת „עוד לא די!" תקרא והן בקולה תשמענה להרבות עוד בעדי עדים ולהתיפות יותר, ובכל זאת עוד לא תבואנה לצד השוה, כי אך אם תתננה עיניהן במראה תשמענה את קולה המדברת אליהן: „הרבינה עוד!" — ושמחה להבתולות היפיפיות! כי הלא עור פניהן יקרן יותר מאשר תדמינה בהביטן על תוארן במראה המלוטשת! אולם מה לנו לדאוג בעד הבתולות היפות! נשובה לענינינו: כאשר ראינו יכהה קו האור הנופל על הזכיכית, ואשר ישוב ממנה לאחור, והיה אם קו אור הכהה הזה יפול שנית על מראה הזכוכית אז תגרע מעט מבהירותו שנית, וכן כל אשר יוסיף קו האור לפול על מראות כן תאסף נגהו, וזה הוא אשר ראינו כי הציורים הרבים הנראים במראה מלוטשת בעמדה נוכח שניה, כי המה ילכו הלוך וכהה יותר ויותר עד כי לאחרונה יאספו כליל, בתום כל בהירות קרני האור וכל ציור לא יראה עוד.

אם נלכה להתחקות על תואר הציורים הרבים אשר יראו בתוך כל אחת משתי המראות האלו, אז נמצא כי דומות (סיממעטריש) תהיינה, לאמר: אם נעמוד בין שתי המראות האלו אז יראינו ציור הראשון את דמות פנינו, וציור השני המָהזר מן המראה השנית יראינו את דמות ערפנו השלישי כראשון יראינו שוב את דמות פנינו והרביעי כשני יוליד תאר ערפנו. סבת דבר זה נקל להבין כי כל הציורים המראים את דמות ערפנו יולדו מחזרת קרני האור מהמראה העומדת נוכח ערפנו. נקל להבין כי בעזרת שתי מראות האלו גם את אשר יעשה מאחורנו נראה, וגם את תאר ערפנו. נעמיד מראה אחת מאחרינו ממעל ערפנו באופן אשר תשיב לאחור את קרני האור במראה זכוכית שנית העומדת מלפננו ומקבלת להראשונה. קוי האור היוצאים מהערף יפגשו במהלכם את פני מראה הזכוכית, אשר היא תשיבם להמראה השנית ובה נוכל להתבונן היטב, ככה תהיה גם מראה הזכוכית שומרת אמונים, להודיע להמוכר העומד בחנותו, אשר במלאו את רצון הקונים ילך הנה והנה, אם הזידו איזה אנשים לשלח י ולגנוב מכל הבא בידם, כי מראות הזכוכיות העומדות הכן שמה תשל ח

כרגע את ציוריהן הבהירים ואת קרני האור למראה העומדת מול פני המוכר, והאחרונה תשלחם לעין המוכר להודיע מכל הנעשה.

הנה ראינו את הציורים אשר תוליד מראה זכוכית בעמדה נוכח השנית ומקבלת לה אך מה יהיה אם נטה את שתי המראות האלו בנטיה שתסגר זויה ביניהן? אז יולדו ציורים רבים אשר נדמה כי קו עגול אשר חצי אלכסונו גדול הוא כמרחק גשם המאיר מן נקודת פגישת המראות, הוא מן הזויות אשר תסגרנה ביניהן, ומספר הציורים האלה יתרבה כאשר נטה יותר את שתי המראות אשה לרעותה, אשר בזאת נקטין את הזוית. מספר הציורים יצא לנו אם נחלק את מדת רחב הזוית הזאת על 360 שהוא עגול שלם, והמנה היוצאת תודיע לנו את מספר הציורים אשר יראו, וגם עם הגשם המאיר עצמו, וכל אשר נקרב את שתי המראות אחת לרעותה ונקטין את מדת הזוית הלא תגדל המנה היוצאת, היא מספר הציורים הנראים בשתי המראות.

יא.

הרכבות מראות נפלאות תראינה!

התרבות הציורים במראות נטויות זא"ז היא מרהבת עין אשר יתענג עליה האדם. בימים הראשונים, לפני המאה הזאת הביאו בתוך קנה — אשר צדיו מצופים בזכוכית מלוטשות להחזיר האור לאחור כמו מראות — איזה ציור: דמות אדם, עוף או כל דבר אשר יהיה, והוא יהיה להגשם אשר יקרן על פני הזכוכיות ואז, — כאשר ראינו — תראה אסיפת אנשים או מחנה עופות אשר יחנו כדור, כאשר יראה הרואה. עוד נוכל להעריך קנה כזה למען נוכל לשנות כפעם בפעם את הגשם התוכי אשר יקרן, ואשר יוליד את הציורים ואז יראה כפעם בפעם ציורים שונים אחד מרעהו אשר תתענג עליהם עין הרואה; אולם עד שנת 1818 היה דבר זה אך דבר שעשוע ריק ואין איש שמו אל לבו, אך אחרי כן גלה ברעווסטער דבר חדש אשר בשם „מרהיב-עין" (קאַלעידאָסקאָפּ) קראוהו, ותכונתו היא להראות רבת הציורים בתוך הרכבות מראות, החכם הנ"ל הכינו באופן נאות וראוי: בתוך קנה ארוך הביא שלשה גזרות מראות זכוכית אשר הטן זה לזה, בדמות משולש. את החלל אשר יולידו הגזרות ההנה החצה לשנים בהביאו באמצע ארכן גזרת זכוכית הכרותה בדמות משולש; (עיין ציור 14) בחלל הפנימי הביא גזרות זכוכית קטנות וצבועות, והן היו במקום גשם מאיר והנה יצא „מרהיב-עין". וכאשר יקח לו האדם קנה כזה ויעמידהו הכן למול

אור השמש או נר להאיר את גזרות הזכוכיות ויביט דרך החור הפתוח על דמות הציורים יתפלא מאד. לפעמים יקרה שגזרות הזכוכיות יולידו לפי נפילתן זאת על זאת ציור נשר, אז יתאספו בעיגול מלא נשרים, ואם נניע ונניד את המרהיב־עין הזה, אשר בזה נשנה את שכבת גזרות הזכוכית אז יראה ציור נפלא אחר: דמות אדם, דמות עץ או פרח אשר כל אלה ירבו מספרם לענג את עין האדם, גם לפעמים מחנה זבובים מעופפים וכנפיהם פרושות תראה במרהיב-עין, ואם נניע אותו מעט אף כל הציורים יפלו ואינם גם לא יוכר מקומם איה וציור אחר נפלא יירש מקומו, אשר גם הוא יסוף ואחר יבוא תחתיו בהתיקנו מעט את המרהיב־עין, יען כי שכבת הגזרות —מולידות הציור— תשונה, וגם אם אך גזרה אחת תעתק ממקומה ותבחר לה מקום אחר בעוד אשר הנשארות תשארנה במקומן הראשון גם אז ישונה הרבה ציור הנראה לעין הרואה. מספר הציורים אשר יוכלו להראות בתוך המרהיב-עין הוא רב למאד עד אין מספר, כי כל גזרת זכוכית תוכל לשנות רבות פעמים את הציורים הרבים, ולמען מלא את רצון הקורא נצייר לו את איכות התרבות הציורים במרהיב-עין.

מרחב הראיה, רחב הרבה, וציור שכבת גזרות הזכוכית הקטנים יתרבה ובכל משולש יראה ודומים אחד לרעהו (סימּמעטריש).

אחרי התגלות המרהיב-עין מלא את העולם, ומפאריז יצא לשוט בארץ עד כי יום יום הכינו בפאריז 60000 מרהיבי-עין למכרם. גם עשום בתוארים שונים, גדולים וקטנים, אשר ציורו יתרבה בנפול גזרות האבנים היקרות ששמו בתוך הקנה בתור גשם מאיר. קרני האור נפלו על שטח גזרות המראות המושמות בקנה אשר היו מן ברזל-עשות (שטאהל) או כסף ועוד באופנים שונים הכינוהו, וקראהו: ד ו ב א ס ק א פ; מרהיבי־עין כאלה אשר זוית מראותיו נוכל לשנות כפי רצוננו; או, אשר נשנה כפעם בפעם את הגשם המאיר. לקחו איזה אנשים ויסעו אתם מעיר לעיר להראות נפלאותיו לבני אדם בעד אגורת כסף.

המרהיב-עין הזה, הפליא מאד בראשית הימים את עין האדם, כל פה הביע נפלאותיו, ובשנת 1818 יצא כפאריז ונפוץ על פני כל התבל כלה, ואז כמעט אין איש אשר לא הביע תהלתו, והזיל כסף מכיסו לראות את ציוריו הנחמדים, או לקנותו בכסף מלא; אך לאט לאט נשכח מני אדם עד כי עתה אין איש שם לבו אליו, כי בשתים שלש אגורות נשיגהו בכל מקום. ואך בידי הנערים הקטנים נראהו עוד לפעמים בלקחם אותו להשתעשע אתו, כי להועלת אחרת לא יצלח כיום, ולא יאומן כי יסופר כי בשנת 1818 הרעיש מאד לבות בני האדם.—



יב.

מרהיבי-עין שונים.

אם נתבונן על מעשה הרכבות מראות לענג את עין האדם אשר נעשו לפני גלות ברעווסטער את מרהיב־העין שלו נמצא כי לא הוא ממציאו הראשון, הוא אך הכינו וכללו היטב. ברעווסטער הלבישוהו מחלצות אשר בזה מצא חנו בעיני האנשים בעוד אשר לראשונים אשר קדמוהו לא שם איש לבו. כיום נדע כי גם בשנת השבע עשרע למאה הנ"ל ידע גם החכם קירכער כי גזרות מראות הסוגרות זוית בהטותנו אותן זאם לזאת ירהיבו את עין האדם בציורים שונים. בשנת 1811 נגלה על ידי החכם ווינקלער הרכבות מראות מרהיבי-עין אשר בשם מיריא־מארפאם קאפ" הנהו, גם בשנת 1816 נגלה על ידי החכם האשעל קנה כזה הדומה להמרהיב-עין אשר גלה ברעווסטער. שני אלה האחרונים (של ווינקעל ושל האשעל) יראו כפעם בפעם ציורים שונים, ואך האחרון (של האשעל) ערוך באופן כזה אשר נוכל ע"י משיכת חוט אחד לראות את הציורים אשר ראינום זה פעם אחד, הלא יבין כל קורא כי כל הקנים אשר זכרנו יולידו מספר ציורים מוגבל וידוע הכל לפי מספר הדברים השונים אשר נביא בתוך הקנה ולכן השכיל מאד חוקר הטבעי ברעווסטער להביא דבר כזה בתוך הקנה אשר הוא לבדו יוכל להוליד ציורים שונים והוא, כפי אשר זכרנו, גזרות הזכוכית, אשר בתנועה קלה תשונה שכבתן, וכן ישונו ציוריהם. ובאשר האדם אך לחדשות שואף הוא, לכן מצאה החדשה הזאת חן בעיניו, יען כי תשנה ותחדש לרגעים את ציוריה, ואך כאשר התרגלו בה ולא חרשה היתה אצלם לא הוסיפו עוד הביט אחריה עד כי רק בידי נערים נמצאהו. אם נתבונן על הרעש אשר עשה המרהיב-עין בשנות 1818—19 נתפלא מאד לראות כי חזיון טבעי קל ופשוט ימשוך אחריו גם לבות עדת אנשים אשר לא יבצר מהם לדעת ולהבין כל דבר, גם הרבו להפליאהו מאד באמרי פיהם כאלו אנוש לא יוכל לעמוד על סודו, ובשלמי כל אלה? הלא אך חזרת קרני האור היא תוליד את כל הפלאים האלה. חק טבעי פשוט המשיך אחריו לבות כל מתי חלד! בדבר פשוט מאד ימצאו אנשי תבל פלאים והזיונות נחמדות אם אך יענג את עיניו ורוחו ירוה נחת. עוד נראה איך חק טבעי פשוט יוכל לפעמים להתעות לבות אנשים רבים בקום איש אחד להתעותם מני הדרך הישר, והוא כי בעזרת הזכוכית יוכלו אנשים כהנו האלילים להראות לעיני עמם המאמינים בכל הבלי שוא, תואר פני אנשים שונים או אלילים שונים אשר ישנו עמדתם כפעם בפעם: בתוך מראה זכוכית נסתרת מעין אדם יראה ציור הגשם העומד בתוך חדר נסתר אשר למעלה פתוח הוא. למען יוכלו קרני אורו לבוא למראה הזכוכית

הנזכרת אשר גם היא, בעמדה נטויה מעל מראה זכוכית שניה, תחזיר את ציור הגשם הנסתר בתוך המראה השניה, וכל איש המביט בה יתפלא איך יולדו ציורים שונים המחליפים עמדתם ותוארם בכל רגע, ויאמינו כי אמנם בן הוא איש קדוש הוא כהנם המתהלך בתוכם, וקדוש קדוש יאמרו למעשיו יעריצוהו ויקדישוהו ויתעו בתהו לא דרך; אך לו שמו לבם לבוא עד חקרי חקי הטבע אז לא האמינו עוד בכל שוא ותפל, אז הבינו כי אך חק טבעי בחרו להם כהני השוא ויאלצוהו להתעות אנשים רבים, להוליד בקרבם משאות שוא ומדוחים. חק חזרת קרני האור ממראה אחת לשנית יביא גם תועלת רבה לצבאי החיל, לקבל ממרחק את קרני האור השלוחות מאת חיל צבא אויביהם, בעזר מראה אחת המובאה למעלה ונטויה למול מראה שנית השוכבת למטה ממנה, אז יראה על המראה השנית ציור חיל צבא מחנת אויביהם, והקנה המכיל בתוכו את שתי המראות יקרא בשם „צופה-מצפונות-מלחמה" (פאלע מאסקאפ) גולה נסתרות, צופה ומביט עד למרחוק ואין נסתר ממנו. ככה יאלץ האדם את הטבע לשמוע בקולו ולגלות לו כל נסתר וצפון ממנו. קוי אור מפוזרים אשר ישוטו לתומם במלא רחב התבל, בפגשם מראה זכוכית יחזרו אחור, ולא ידעו כי בזה את מסתרי האנשים, אשר המה שלחום לצאת במרחבי התבל, יודיעו לאויביהם! כמו ציר אמונים שלוח האור לגלות כל נעלם וכל נסתר, ועבד נאמן הוא לאדם לחשוף כל טמון; אף כי לפעמים יקום להתעות אנשים בתוהו לא דרך, הנה לא בו האשמה אך אשמת ידי אנשים זרים, אשר באגורת כסף יטו את לבב האדם להאמין בכל שוא ותפל.—

בעת מלחמה. עת האויב יצור על עיר ומיושביה יבצר לשלוח מכתבים או בשורות טעלעגראפיות לעיר אחרת, אז יוכלו להשתמש בעזרת חזרת קרני האור: בניר עב וגדול יחתכו את המודעות אשר ירצו להודיע ליושבי עיר האחרת באופן אשר האותיות גדולות וחלולות תהיינה, ויכסו בו את פני מראה זכוכית גדולה. אז בנפול אור השמש על שטח הלוח הזה תרגישו המראה אך במקום האותיות הנחתכות, ואשר היא תשיבו אחור במרחק גדול עד העיר השניה, ושמה על לוח מקבל את האור תפולנה האותיות המאירות האלו אשר תודיענה את הידיעות הדרושות להם בעוד אשר בינות המקומות האלה לא יוכר מאומה.—



יג.

מראה זכוכית בתור מודד.

מראה הזוכוכית תביא איזה תועלת גם ללומדי דרכי הטבע ופעולותיה והוא כי תעזור להקציב היטב את השעורים הקטנים, אשר יוליד איזה כח במו נטיות המאגנעט הקטנות לפעמים מאד עד כי לא תכירם עין אנוש, ואך בעזרת מראה הזכוכית תוכרנה היטב, ברור וצח. כמו שנראה (בציור 15): אם גדל חצי המאגנעט הצפוני הוא כגדל קו a^a, אשר בנקודה a תלוי הוא על נקודת כברו, וקו aF הוא הקו המורה פאת צפון הנמשך לנקודת ציר הצפוני ואז אם נטית חצי המאגנעט הצפוני a^a מן פאת צפון aF כמרחק aF שהוא למשל 30 זעקונדות מהעיגול C הקטן הלא אז כמעט לא יוכר לעין האדם, וגם לא נוכל להקציבו היטב במדה; אך בעזרת מראה זכוכית נוכל להגדיל את השוק a_a עד a בהעיגול B, אשר הקו הנמשך לפאת צפון יעבור עליו בנקודה f וגדל af אשר גם הוא 30 זעקונדות גדול הרבה מן a בהעיגול C, ועוד יותר יוכר אם את הקו a^a יצא עד נקודה a'' בהעיגול A השלישי, כי אז תגדל הרבה מדת שלשים הזעקונדות, כי מרחק $a''f''$ גדולה הוא הרבה מן מדת ^{a}f, אף כי שניהם בני שלשים זעקונדות המה, וכל אשר נגדיל יותר את מדת השוק aa'' כן יוכר יותר מדת נטית המאגנעט. גם נוכל לקחת מראה זכוכית למודד גבה השמש ברום העולם. כאשר נשכיב מראה זכוכות בנטיה אופקית ואז, לפי אשר בארנו (II, ז.), אם נעמיד עמוד נצב על המראה בנקודת נפילת קרן האור ונמדוד את מעלות הזוית אשר יסגירו עמוד הנצב עם קרן האור החוזרת נדע כי במספר מעלות הזוית כן מספר המעלות אשר ירחק השמש מן נקודת הצהרים במקום ההוא, יען כי מדת זוית הנפילה דומה היא לזוית חחזרה, ושלשה הקוים האלו קו קרן הנופלת, עמוד הנצב וגם קרן החוזרת יפל בשטח אחד. אך זאת נתבונן כי בנפול קרן האור החוזרת לצד צפון, מזרח אי מערב נדע כי השמש יהלך לצד דרום, מערב או מזרח, לאמר בצד שמנגד לאותו אשר בו תפול קרן האור כשובה לאחור. נראה מזה כי בעזרת מראה מלוטשת נוכל לראות את תנועת השמש בצהרים גם בחדר חשוך, ואך בתנועה מתנגדת לתנועתו האמתית כמו שבארנו; מראה מלוטשת אשר הוכנה באופן אשר תחזיר קרני אור השמש בחדר אפל תוכל גם להוריענו את העת לפי נטית קרני אור השמש בחדר האפל, ולפי הנסיונות נוכל לסמן קוים על ספון החדר למען נוכל הקציב היטב את מדת העת מראה מלוטשת בתור מודד העת נוכל להעריך לנו באופן יותר טוב, בתבנית מורי השעות הקטנים אשר נשא באמתחתנו: מראה זכוכית VD, AK (ציור 16) אשר תוכל להסתובב סביב צירה A, חפשית היא בקצה השני

למען נוכל להגביהו או להשפילו, על הקשת DC החלוק במעלות, וכל מעלה נסמנה בציון מן חמעלה הראשונה והתחתונה K, ואז לפי רום השמש בשמים נעלה או נוריד את המראה AE למען אשר תשיב המראה את קו האור הנופל עליו בנטית בואו, והוא בהעמידנו אותה באופן אשר עמוד הנצב יפול על קרני אור השמש הנופלות על המראה, כמו בהיות השמש במקום H אז נוטל עלינו להגביה את המראה עד S, בעלותו עד H נוטל עלינו להוריד את המראה עד D במעלה 30 ונדע כי עוד ירחק השמש מן נקודת הצהרים שלשים מעלות, ואך כאשר יגיע השמש בנקודת הצהרים H אז נוריד את המראה עד AA להשכיבנה על נטיה האופקית, למען אשר יפלו עליה קוי אור השמש בנטית עמוד הנצב והעגול החלוק יראינו אז 0^0, לאמר: השמש הגיע עד תכלית רומו בשמים ואז רגע הצהרים, ברדת השמש מן נקודת הצהרים נוכל להפוך את הכלי הזה, באופן ששטח המראה תעמוד למול קרני אור השמש ואז לפי מדת הגבהת המראה נדע את מספר המעלות שהתרחק השמש מנקודת הצהרים.— בידענו את מספר המעלות אשר ילך השמש במשך שעה אחת נוכל לדעת גם את מספר השעות מרגע עלות השמש, אם המראה תעמוד במעלה 70 והשמש ילך 15 מעלות בשעה אחת, נדע כי אז ירחק השמש מן נקודת הצהרים מהלך שעה עם עשרים רגעים, וכי אז השעה העשירית עם ארבעים רגעים, או באופן אחר: אם נחבר אל המראה עמוד עץ קטן אשר חלקנוהו לקוים (C, E בציור) שוים. והיה כל אשר נעלה את המראה כן יעלה גם העמוד, וכל אשר נורידה כן ירד גם העמוד, וכאשר נסמן על העמוד הזה ציונים מורים על שעות ורגעים נוכל לדעת בדיוק גדול את מדת הזמן; אולם המדידה הזאת תשתנה לפי המקום ולפי הזמן כי ידוע שהשמש משנה מהלכו בקיץ ובחורף.

גם עוד איזה תועלת להמדעים תוכל להביא מראה מלוטשת. אך נסתפק לע"ע במה שבארנו בזה.

יד.

מראות מלוטשות טובות.

כאשר ראינו כי גם לתועלת מדעית תצלח המראה, ועוד כי בגלל אשר תוליד ציור בהיר יוכל אדם להכיר את תמונתו בעמדו נוכח המראה קבלוהו כל העם מקצה, ראו חכמי הטבע להטיב ולשכלל את המראות, ובכן נשים גם עינינו על דברי הימים לראות מי המציא את המראה בראשונה. ממציאה הראשון לא נדע, אך זאת נודע ברור כי המצאה כבירה לימים מאד

היא, כאשר גם בצאת ישראל ממצרים ללכת במדבר הנורא הביאו הנשים המתנדבות בעס את המראות של נחשת לבנין בית ה׳, ומזה נראה כי המראות היו בימים ההם דבר יקר וחשוב בעיני כל, כי במספר הנזמים המפוארים והטבעות היקרות אשר האצילו לבנין בית ה׳ הקדוש הביאו גם את המראות! הלא נראה כי גם אז ידעו כל העמים מהמראה, ובאשר יקר בעיניהם היתה, שתו לה זר זהב סביב משובץ. באבנים יקרות, גם הוסיפו ללטוש זהב טהור ולעשותו לראי מוצק, כן הבינו להם מראות מהדברים המוצקים וגם מזכוכית; אך צפוי הזכוכית שונה היה אז מאשר היא בימינו אלה כי בהמשך הזמן הטיבו מעט מעט את מעשה המראות, עד כי בשנות המאה השלש עשרה המציאו לצפות את הזכוכית בבדיל או בעפרת מותכת לבלתי נתון את האור לעבור דרך הזכוכות, אך להחזירו לאחור לעומת שבא. אחרי עבור איזה זמן מצאו אצל וועניעדיג על חצי האי מוראַנאָ מראות זכוכית המצופים (כמו בימנו אלה) בבדיל-אמאַלגאַם (והוא משוח בכסף חי).

אם נתבונן על מי הנהר ההולכים לאטם לפני עצים ובתים נראה את המראה הטבעית הנותנת לנו תמונה זכה ובהירה מכל הדברים הנמצאים על שפת הנהר, מה נעים המחזה ומה נהדר המראה הזה, מה נחמד לראות שמים טהורים, עצים רעננים או ירח יקר הולך וכל צבא השמים במים, כל איש אשר לו לב רגש ויבין להתענג על חזיוני הטבע הנעימים והנחמדים, יתעוררו בו אז רעיונות נשגבים ולשונו — ככנור אשר בגעת בו ידים חרוצות — תתן אמרי שפר:

מה נחמדה את תבל מה יקרו מחזותיך!
זהר, חין וכל יופי הוצקו עליך,
ועוד נהדרו ויפו שבעתים — — !
אם נראמו שנית במראה המים.



זה הים — המראה הגדול — פניו כספיר טהרו,
מים רבים ועצומים מקצה תבל אליו ינהרו,
ואך יגע בו הרוח יעשה בקעות והרים,
וגם חזיון כל חמדת החיים ישפיל וירים,



ואדוני הטבע — זה האדם המושל על כל גדותיו
למראה עינו יתרגש ממפעלות הטבע וגבורותיו
וקולו יקרא אל הטבע: „גל עיני ואביטה הקיץ״
והטבע בדממה יענהו: „אתה מושלי, בידך הפציץ״



מי הנהר כמו ראי מלוטש ישיבו את קרני האור לעין האדם גם המה החק אשר אמרנו במראה הלוטשת (II, ט.), ואך בהתגעשם להוליד על שטחם הישר אז לא יראה ציור הדברים בהיר, כי קרני האור תשובנה בנטיות שונות, לפי פגישתן את שטח פני המים, ואך כאשר ינוחו מי הנהר אז נראה ציור בהיר וטוב, ולכן בזאת יוכר מראה הזכוכית לטוב אם הזכוכית מלוטשת היטב ופניה חלקלקות, גם אם בציור אשר יוליד לעינינו לא יולד כל צבע זר להשבית את הציור מטהרו, וזאת נראה בהביאנו לוח נייר לבן נוכח המראה ואז, אם גם הצייר יהיה לבן בלי שום צבע זר אז נדע כי מראה טובה הוא, גם ברצותנו למצא את עובי הזכוכית נוכל לדעתה אם נגע ראש מחט דק על שטח המראה, ואנחנו הלא נדע כי הציור יראה רחוק מעבר השני של הזכוכית במרחק הגשם מן שטח המראה (II, ט.) וגם זאת הלא נדע כי שטח הזכוכית הנחפה בבדיל הוא, יחזיר את האור לאחור להוליד את הציור, ולכן כאשר נגיע את ראש המחט על שטח המראה הלא יראה הציור לעבר השני רחוק מן הצפוי כמרחק ראש המחט מן הצפוי. היא, הוא כמדת עובי הזכוכית, ולכן חצי מרחק המחט מן ציורו הוא עובי הזכוכית, בזאת איפה תבחן מראה מלוטשת אם קוי האור אשר תשוב לאחור יתאחדו בשובם לציור אחד בהיר וטוב נדע כי פני הזכוכית חלקים הם, גם על זאת נתבונן שאך ציור אחד בהיר יולד, כי כאשר ישלח שטח הזכוכית הבלתי-ישר, לפי הק חזרת האור, את האור לאחור יולדו ציורים אחדים בצדי ציור הראשי אשר יחסרו במראה זכוכית מלוטשת חלקה וישרה גם טהר הציור יראינו לדעת כי הזכוכית נקיה היא מכל צבע, ואך אם הזכוכית בלתי שקופה היא כראוי יולדו צבעים שונים בציור.

הנה בארינו בראש מאמרנו זה עד עתה את כל פעולות המראות השונות, וידענו באר היטב את כל חקי חזרת האור לאחור; ואולם הקורא המשכיל עוד ישאל מאתנו לבאר לו את החקים האלו לפי הדעת החדשה אשר הקימו החכמים והוא: התגעשות האטהער. אם נאמר כי האור גשמי הוא והשמש יקרין, לאמר: ישלח מאתו את האוד בדרך קוים ישרים, ובפגשם גשם מעצר יזרקו לאחור לפי חק חזרת האור, כאשר נראה בזרקנו כדור של גומטי על לוח, ואז לפי נטית נפילתו על הלות כן תהיה נטית שובו לאחור; אך הלא הדעה הזאת נפלא תחתיה ולא תוסיף קום עוד ואיך יבארו זאת חכמי הטבע החדשים? גם על השאלה הזאת ימצא הקורא פש-דבר (XII) בשובנו לדבר על ארותיה.



III

מראות עקומות

א.

מראה שורפת.

נקח לנו מראה זכוכית חלקה ומלוטשה היטב, ועקומה כדמות קשת, אך עגיל אמתי יהיה שלא תצא אף נקודה אחת מחוץ למחוגה. פני המראה החיצונים יהיו נחפים בכסף או בבדיל וכסף חי למען ישיבו אחור כל קרן אור לעומת שבא. המראה הקשתי הזה מסומן באותיות aA_a (עיין ציור 17). אם נעמיד בנקודה A איזה גוף מאיר השולח קרני אור לכל צד הלא אז יואר כל ארך פני המראה $^aA'a$, מקוים השונים היוצאים ממנו, ואנחנו נבחר לנו מכל הקוים הרבים אך את אלה: קו Aa אשר יפגוש את המראה בנקודה אחת הנטויה מאד לעומת נטית מהלך קרן האור, קו Ab שיפול בנקודה שאינה נטויה כ"כ לעומת מהלך קרן האור קו האור AA' שיפול בנקודה אשר היא עומדת ישר לעומת נטית קרן האור הזאת, וגם את קרני האור Aa,Ab אשר הראשונה כמו גם קרן האור A^a תפולנה בנטיה שוה על המראה, והאחרונה Ab תפול בנטיה כזאת על המראה כאשר תפול גם בה קרן האור Ab. אם נלכה להתחקות על חזרת קרני האור נמצא כי קרן האור AA' שתפול על הנקודה A' במראה הזאה שאיננה נטויה לעומת קרן האור, אז תשוב לאחור בדרך אשר כאה עליו. תבוא בנקודה F' ותצא משם הלאה גם תעבור את הנקודה B ללכת האלה בדרכה הישר; קרן האור A שתפול בנקודה b נטויה מעט לעומת מצב הנקודה לא תשיב בדרך אשר באה עליו אך הלוך ונטה לעבור בדרך bRb', ואז תסגור זוית Abb' בלכתה ובשובה, וכמוה גם קרן האור Ab תסגור זוית Abb', השוה למדת הזוית Abb', לשוב בדרך bDb'; קרן האור A^a, אשר תפגוש במהלכה את הנקודה a במראה בנטיה גדולה תסגיר זוית הגדולה Aaa, לשוב בדרך aAa' וכמוה גם קרן האור מעבר השני Aa תסגיר זוית Aaa' בשובה, השוה להזוית Aaa', לשוב בדרך aA'a'. הלא נתבונן כי מכל הקוים האלה יעברו בשובם לאחור דרך הנקודה 'ס, והיא נקודת קבוץ כל קרני האור השונות, בשובן לאחור

והיא אחת משלשת הנקודות אשר עליהן נשים לבבנו בכל מראה זכוכית עקומה, אשר הן: נקודת מרכז המראה העקומה שאם נשלים את קשת המראה לעיגול שלם תהיה הנקודה ההיא למרכזה, והיא הנקודה B בציור שנקראת מ ר כ ז ה ק ש ת י (קריממונגסמיטעלפונקט); הנקודה השנית היא נקודת אוסף כל קרני האור אשר זכרנוה, היא הנקודה F′ בציור והיא תקרא בשם נ ק ו ד ת ה צ י ו ר (בילד-פונקט), אשר עוד נדבר אודותיה; הנקודה השלישית היא הנקודה A′ בציורנו, והיא הנקודה אשר תחלק את קשת המראה לשני חלקים שוים, היא תקרא בשם מ ר כ ז ה א ו ר (אפטישעמיטעלפונקט). שלשת הנקודות ההנה תקצבנה את מדת ח צ י א ל כ ס ו ן ה ק ש ת י (קרוממוזגסאלבמעסער) שהוא BA′, וגם את מדת מ ר ח ק ה צ י ו ר (בילדוועיטע) שהוא A′F. הראשון — חצי אלכסון הקשתי — ישתנה בהשתנות קשתית המראה aAa כמובן, והשני, מדת מרחק הציור ישתנה בערכו לפי רחקות הנקודה A מן B כאשר עוד נראה. נקודת הציור F תמצא לפנים לימין הקו A′B ולפעמים לשמאל הקו הזה, הכל לפי נטית המראה aAa לעומת קרני האור הבאות בה, ואך בעמדה ישר נוכח קרני האור אז תפול נקודת הציור אם נעמיד את המראה (ציור 18) aAa למול קרני אור השמש ההולכות (יען כי השמש ירחק הרבה מן המראה) בלי שום נטיה, אך מקבילות, אז תסגרנה קרני האור aa′, aa′ בשוב לאחור זויות שוות, הראשונה תוליד הזוית aaFa″ והשניה-הזוית aa′Fa″, שני הקוים bb′, bb′ גם המה יסגירו זויות שוות, הנה זוית bbFb והזוית bbFb″ שוות, והוא יען כי שני הקוים האלו יפלו בנטיות שוות על המראה, ולכן יחזרו גם כן בנטיות שוות, קרן האור A, אשר תפול על המראה בנקודת מרכז האור A′ ישוב לעומת שבא, בדרך A′FA, גם הפעם נמצא כי כל קרני האור תעבורנה דרך הנקודה E. הנקודה הזאת (F) רבת-האור היא, יען כי כל קרני האור באו ונקבצו בהנקודה הזאת, ואם נביא שמה לוח ניר כהה אז כרגע יעלה תמרות עשן גם יעלה בלהב אש וישרף כליל, והוא יען שגם קרני החום באו ונקבצו בהנקודה הזאת, לכן גדול חומה מאד, גם לפעמים תוכל מראה כזאת להתיך כל מתכת בהביאנו אותם בתוך הנקודה הזאת. הנקודה הזאת תקרא בפי חכמי הטבע לפי תכונתה: נ ק ו ד ה ש ו ר פ ת (ברענפוקט, פאָקוס), ועתה בידענו כי בנקודה הזאת ישרף כל דבר קל השרפה נמצאנה כרגע בהדיאנו בתוך חצי אלכסון הקשתי A′B לוח ניר, ונביאנו הנה והנה עד נמצא את הנקודה F שבא יעלה באש, ואז נוכל להקציב היטב את מדת מ ר ח ק ה ש ר פ ה A′F, ואם נתחקה היטב על ארכו נמצאנו כמדת חצי ארך חצי-האלכסון A′B, והוא: מרחק השרפה הוא כמדת רבע ארך אלכסון עגול המראה. הקו אשר נמשך מן מרכז הקשתי B דרך נקודת השורפת F לנקודת מרכז האור — A יקרא ק ט ר ה מ ר א ה (אקסע), ואך אז נמצא את נקודה השורפת F על קטר המראה

אם קרן האור 'AA אשר תשוב לאחור בלי הולדת זוית , כלומר : בדרך שבאה בה ; אולם אם נטה מעט את המראה לעומת קרני האור ולא תלכנה מקבילות לקטר המראה אז תגבה או תשפל נקודה השורפת N למעלה או למטה מקטר המראה. פשר כל הדברים האלו נודיע להקורא (אשר בטח נפשו תערוג לדעת כל זאת), בפרק הבא.

ב׳.

חק חזרת קרני האור במראה השורפת.

הנה ראינו כי המראה השורפת תשיב (רעפלעקסירט) לאחור את קרני האור הנופלות עליה, לכן הלא תדמה בפעולתה לפעולת מראה מלוטשת ישרה כי כאשר פה כן שם יהזר האור לאחור לפי החק אשר ראינו במראה הישרה (II, ט.): זוית הנפילה תהיה שוה לזוית החזרה, ולכן אם נמצא את עמוד הנופל אז נדע גם את הדרך אשר תשוב קרן האור לאחור בצאתה מזכוכית העקומה.

נתבונן על העיגול ABDA (ציור 19) אשר הקשת abcd הוא דומה לקשת מראה השורפת. ונשוה נא ברעיוננו כי העגול נעשה מקבוצת נקודות רבות וישרות (אך קטנות למאד) אשר כלן עומדות נטויות למול המרכז C ומרחק כלן מן C שוה, והנקודות ההן בציורנו: . . . a a . . . b . . . c . . . d. הנה אם נבחר לנו מכל הנקודות נקודה a העומדת למול המרכז C ונמשוך יתר על הקשת BaD שבה הנקודה a בתוך, נמשוך אליה מן המרכז C קו ארוך-Ca אז יעמוד חצי האלכסון הזה על יתר קשת DB בלי שום נטיה. אז אם נוסיף עוד למשוך יתרי קשתות, אשר הנקודה a תהיה בתוך הקשת בתוך כמו יתר BD, גם אז נמצא כי חצי האלכסון Ca יעמוד עליו בתכונת עמוד נצב. וכל אשר נוסיף למשוך יתרי קשתות קטנים על הנקודה a כן נמצא כי חצי האלכסון Ca יעמוד עליהם בעמוד נצב, עד כי גם אם יתר הקשת יהיה קטן מאד כמו נקודה גם אז יעמוד עליו הקו Ca ישר בלי שום נטיה. כן נמצא שגם חצי האלכסון CD יעמוד ישר על הנקודה D, בעמדו ישר גם על יתר הקשת Da, שהנקודה D תמצא בהקשת הזאת בתוך. גם על הנקודה B יעמוד חצי האלכסון CB ישר בעמדו ישר גם על יתר הקשת Ba, ולכן נוכל לשוות ברעיוננו כי כל העיגול ABDA הוא קבוץ יתרי קשתות הקטנים אך כנקודות; לכן במשכנו על איזה נקודה מהן קו ישר מהמרכז יעמוד עליה ישר בתכונת עמוד נצב, כן יהיה גם עם הקשת abcd שהוא שוה לקשת המראה השורפת: כל קו ישר אשר נמשוך מן המרכז

להנקודות האלו ca,eb,Cc,cd יעמוד עליה ישר כמו עמוד נצב, אך מהמרכז c והיה אם תפול קרן האור על הנקודה a, אשר הלכה בדרך ca שהוא עמוד הנצב, אז תשוב גם לאחור בדרך הזה (II, ז.), אך אם בא בדרך aa ויעשה זוית $aa'c$, נעשה זוית שנית מעבר לקו הזה שתהיה שוה לזוית הנפילה, ותצא הזוית י$ca'b$, לכן הארכת הקו $a'a'$ הוא מהלך האור בשובו לאחור. כן גם קרן האור הנופלת על הנקודה b — בדרך bb, ותשוב לאחור בדרך bb, באופן שזוית החזרה bbc תהיה שוה לזוית הנפילה aac.

בדרך זה נמצא את חזרת קרני האור במראה השורפת (ציור 17): קרן האור AA′ תשוב לאחור בדרכה הראשונה אל A, יען כי הלכה ישר אל המראה הזאת על נטית חצי האלכסון BA′; קרן האור הנופלת על הנקודת b תפול עליה בנטיה, ומדת הנטיה הזאת נמצא כאשר נוציא מהמרכז B חצי האלכסון B^b, ונמצא כי נטית קרן האור A^b על הנקודה b היא מדת הזויות A^bB, ואם נעשה זוית B^{bb} שוה להראשונה ונדע כי הארכת הקו bFb הוא דרך קרן האור בשובו מן המראה, כן יהיה גם עם קרן האור Ab היא תשוב לאחור בדרך bFb. בדרך זה נמצא גם את נטית קוי האור Aa Aa (אשר-מרחק שתי הנקודות aa מן מרכז האור A′ שוה) במשכנו חצי האלכסונים Ba, Ba, ואז נמצא כי הראשון ישוב בדרך aFa והשני — בדרך aFa (לשוב בנטיה שוה לנטית נפילתן על המראה); ובכן נראה כי כל נקודות האור תבואנה בנקודה אחת F לצייר שם את תמונת הנקודה A, שממנה שולחו קרני האור. כן יוכל הקורא להוכח כי כל קרני האור ההולכות מהשמש, בתכונה מקבילות (ציור 18) ישובו כלם בדרכם לאחור בנקודה השורפת F, ויען כי קוי האור של השמש לא ישנו לעולם את נטית מהלכם, ותמיד ילכו בתכונת מקבילות למול קטר המראה cA לכן קצובה הנקודה הזאת, וכיום, נדע ברור כי מרחק השרפה הוא כמדת רבע אלכסון המראה, כאשר פארטא (1858) הקציב ברור את המרחק הזה, בעוד אשר חוקרי הטבע אשר היו לפננו חשבו כי נקודת השרפה תפול או במרכז המראות או מעט לפניה.—

עתה בידענו את חק חזרת קרני האור במראה השורפת נבין גם זאת מדוע תפול לפעמים נקודה השורפת F גבוה מעט מעל קטר המראה או מתחתיו בהטנו את המראה לעומת קרני האור, כי הלא אז, קרן האור הנופלת בנטיה על נקודת מרכז האור A′ תסגיר איזה זוית עם חצי האלכסון אשר נמשכהו על נקודת נפילת האור שהוא CA′, ולכן הלא כמדת הזוית הזאת תעשה גם בשובה לאחור, ותטה את דרכה השני מקטר המראה, כן יהיה גם עם קרני האור האחרות שנתקבצו בנקודה אחרת המתנגדת לדרך קרני האור.—

ג.

נקודת הציור או השרפה תשתנה לפי נטית הנפילה של קרני האור.

בפרק האחרון ראינו כי אך אז תפול נקודת השרפה של קרני אור השמש על קטר המראה אם קרני האור ילכו מקבילות אל קטר המראה; אולם אם המה יפלו על המראה ויולידו איזה זוית עם קטר המראה אז תולד נקודת השרפה במקום המתנגד למקום מהלך האור, יען כי הקרנים תפלנה למטה ותתאחדנה בשובן באיזה נקודה למעלה. כן נראה גם במקום נקודת הציור, אשר יוליד הגשם A (ציור 17):

אם נעתיק מעט את הגשם A לימין אז תעתק נקודת E לשמאל, ואם נעתיק את הראשון לשמאל תעתק השניה לימין ותמיד נמצאינה במקום המתנגד למקום הגשם A.

לכן אם נעמיד (ציור 20) נוכח מראה השורפת DB ארבע נקודות מאירות, a,b,g,b, נמצא כי העליונים יצוירו בנקודת הציור למטה והתחתונים למעלה. הנקודה a תשלח קרני איר להאיר את כל פני המראה, ומקרני אור הרבות האלה נקח את אלה אשר בעזרתם נוכל בנקל למצוא את נקודת הציור, הם: aa עם הקו היוצא מן a ויורד דרך המרכז c, הראשון ישוב לאחור מן a ויעבור דרך הנקודה F שהיא בחצי המרחק ca (יען כי ילך מקבילות להקטר), משם ילך הלאה, הקו השני יעבור דרך c ובמקום פגישת שני הקוים האלו בין c ובין F (במקום 'a) שמה ימצא ציור הנקודה a. מקום ציור הנקודה השנית b נמצא בנקל בהוציאנו קו bf, אשר ילך מקביל אל חצי האלכסון AC, גם קו שני נמשך אשר יעבור דרך המרכז C, היא הקו *b*c (אשר נוכל למשכהו הלאה בדרך ישר עד המראה). קו האור הראשון bs הלא יעבור בשובו לאחור דרך הנקודה F שהיא בחצי הקו AC, והקו השני ישוב גם הוא לאחור בדרך אשר הלך בו בראשונה, ובמקום פגישת שני הקוים האלו, b, תצויר הנקודה b, יען כי גם אם נבקש את דרכי קרני האור הנשארות היוצאות מן b נמצא כי כלן תעבורנה דרך הנקודה *b*. כן נמצא גם כי מקום ציור הנקודה *g* g'*g* הוא במקום g, הוא מקום פגישת שתי קרני האור: gr בשובן דרך הנקודה F, וגם *g*C במקום *g*'. מקום פגישת שתי קרני האור dó,dC שהוא dd היא מקום ציור הנקודה d, יען כי גם, כמו קרן האור המקבלת אל חצי האלכסון אשר בשובה לאחור תעבור דרך נקודת השורפת F, וכמו קרן האור אשר בעברה דרך המרכז C תשוב גם הוא לאחור דרר המרכז ושתיהן תעבורנה דרך הנקודה d, כן גם קרני האור הנשארות, הפוגשות את פני המראה בבואן מנקודה d תעבורנה בשובן דרך d, לצייר את דמות הנקודה d. הלא נראה

עתה ברור כי מקומות ציורי הנקודות ההנה, השוכנות מעל לקטר המראה תמצאנה תחת קטר המראה כאשר ראינו כי ציורי הנקודות *ab* תמצאנה תחת קטר המראה AC במקומות a′c′, ומקום ציורי הנקודות של הגשם A השוכנות מתחת הקטר נמצא מעל לקטר המראה, כמו שנראה בציור: מקום ציור הנקודות gd נמצא מעל לקטר AC במקומות g′d′. —

הנה ראינו מצאנו את מקום נקודת ציור השמש (ציור 18) בנקודה F ומרחקה קצוב תמיד שהוא רביע אלכסון המראה אשר עליה תפולנה קרני אור השמש, כן כל גשם מאיר הרחוק הרבה מן המראה יצויר בנקודה F, לאמר: נקודת ציורו תמצא בנקודה השורפת F, גם בהטותנו את המראה לעומת הגשם גם אז נמצא את נקודת הציור במרחק הקצוב ההוא, אך לא תפול אז על הקטר רק תחת הקטר, אך במרחקו הראשון; אולם את ציור הגשם A (ציור 17) העומד קרוב אל המראה נמצא בין נקודה השורפת ובין נקודת מרכז עיגול המראה במרחק בלתי קצוב, המשתנה כפעם בפעם בקרבו יותר לפעמים על המרכז, ובשובו לפעמים לאחור להתקרב על נקודת השרפה ולהתרחק מן המרכז, אולם בהתבוננו היטב נמצא כי מרחק הציור הזה, המשתנה בכל פעם יסוב לפי מרחק הגשם המאיר מן המראה, כי בעמוד הגשם A באיזה מרחק קצוב מן המראה אז נמצא כי גם בהטותנו את המראה פנים ואחור (אך לא נשנה את מקומה) למול הגשם, אז יראה אך אשר נקורת הציור תתקרב ותתרחק, תעלה ותרד על ומן ישרת קו קטר המראה (כמו שנראה היטב בציור 20), אך תעמוד במרחק הקצוב תמיד, ולא תשתנה בהטותנו את המראה, ואך אז תשתנה גם היא כאשר נשנה את מקום הגשם A, או את מקום המראה או את שניהם כאחד בתנועות מתנגדות זה לזה למול זה. הנה ראינו כי מרחק הגשם המאיר מן המראה יקציב את מרחק הציור, לכן נלכה נא לראות בפרק הבא את שנויי מרחקי נקודות הציור אשר יסובו לפי מרחק הגשם מן המראה השורפת.

ד.

מקום נקודת הציור.

קרני אור השמש תקבצנה כלם בנקודת האוסף, היא נקודה השורפת N, ואם נתבונן על דרך קרני אור השמש הפוגשות את פני המראה נמצא כי תלכנה מקבילות (ציור 18), ואז לפי חק תורת קרני האור תשובנה ותעבורנה דרך הנקודה F (III, ב.); לכן גם אם נקח איזה נר מאיר

ונרחיקנו הרבה מאד מן המראה, גם אז נמצא את נקודת ציורו בתוך F, אם קרני האור תבואנה על פני המראה מקבילות.

עתה נתבונן נא: (ציור 21) על נקודה אחת g מהגשם D, המונחת על קטר המראה ונוכח המרכז c: קרני אור רבות תצאנה ממנה סביב, ויען כי הנקודה הזאת תשכב על קטר המראה לכן כמובן, תמצא נקודת ציורה על הקו cF וחק חזרת קרני האור יקצוב מקומה בנקודה g; כן גם (כמו שראינו III, ג.) קרן האור aa וגם קרן האור aa תקצובנה מקום ציור הנקודה a במקום הנקודה a. אם נקרב את הנקודות האלו הרבות עד מקום E נמצא כי שני הקוים האלו אשר נמשוך מנקודת הראש, אחד מקביל לקטר המראה והשני דרך המרכז c יפגשו בנקודת a″, יען הזוית אשר יסגירו שני הקוים האלו, רחבה היא יותר מן הזוית אשר יסגירו בעמוד הנקודה a במקום D, כן נמצא גם את מקום ציורי הנקודת האחרות על הקו d″a″. מזה נראה כי כל אשר נרחיק את הנקודה מן המרכז כן תקצר מדת הזוית וכן יתרחק ציורה לעבר נקודת השרפה וכל אשר נקריב את הנקודה למרכז כן תתרחב זוית קויה וכן יתקרב ציורה למרכז, גם יקרה לפעמים שהגשם וציורו יתאחדו, לאמר: ציור הגשם יפול על פני הגשם, והוא בהביאנו אותו בנקודת המרכז c, כי אז, כמובן, כל קרן האור תשוב לפי חק החזרה בדרכה הראשינה ומשם כל אשר נוסיף להעתיק את הנקודה מעבר למרכז וחוצה כן יתקרב הציור לנקודת השרפה F, עד כי בהרחיקנו אותה הרבה מאד מן המראה וקרני אורה תלכנה מקבילות לקטר המראה אז יפול הציור בנקודת השרפה. והיא — נקודת השרפה — הגבול האחרון אשר עדיה יוכל להגיע. כי להתקרב יותר אל המראה לא יוכל לעולם. נראה מזה כי מדת הארך אשר בין המרכז ונקודת השרפה, אשר אך בו תוכל להמצא נקודת הציור תגדל או תקטן ע״י הקרבת אאו הרחקת גשם המאיר, וכל אשר נקריב את הנקודה למול המרכז כן יתקרב גם ציורו בשעור קטן מעבר השני למרכז, ובהרחיקנו את הגשם המאיר מן המרכז אל מול נקודת השרפה כן ישוב ציורו להתרחק מן המרכז והלאה, והקי חזרת האור יורונו כי הגשם וציורו יתנועעו זה לעומת זה או זה מזה בערך ישר ושוה: המקום אשר בו תעמוד הנקדה, מעבר למרכז והלאה, אשר נקודת ציורו בין c עם F הוא מקום הציור בה עמידנו את הנקודה ההיא במקום נקודת שרפתה בראשונה בין c עם F כאשר נראה ברור לפי חק חזרת קרני האור (ציור 17: אם באי זה נקודה ′ף, שהיא בין נקודת השרפה F והמרכז B תעמוד איזה נקודה מאירה השולחת קרני אורה על על פני כל המראה; אז קו האור F′A′ (על ישרת קטר המראה) ישוב לאחור בדרכו הראשון A′A, קרן האור F b או Fb′, אשר תלד זויות עם הקו הנמשך מהמרכז נקודת נפילת קרן האור שהן F bc, Fb′c תשוב לאחור בנטית הקוים bA, bA להוליד זוית החזרה השוה לזוית הנפילה. כן נמצא

אשר הקוים Fa, Fa ישובו לעבור דרך נקודת האוסף A, והיא נקודת הציור. אז אם נוסיף להעתיק את הנקודה ″F אל נקודה השרפת אשר בזה תגדל זוית הנפילה תשובנה קרני האור להתקבץ באיזה נקודת הציור רחוק הרבה מן F, יען כי אן תגדל גם זוית החזרה, עד כי באחרונה, בהגיען לנקודת השרפה F עצמה (ציור 18) אז תזרקנה לאחור למרחק אין קץ כי תשובנה בקוים מקבילים אל קטר המראה, כאשר תוכיחנו גם זאת חק חזרת קרני האור, והנסיון הזה מתנגד הוא בפעולתו לפעולת הנסיון אשר זכרנו (III, א; ציור 17.) כאשר יבין גם כל קורא. —

הנה ידענו את מקומות הציורים בהעתיקנו את הנקידה המאירה מלפני המרכז עד נקודה השורפת; אולם איה נמצא נקודת הציור בהוסיפנו להעתיק את הנקידה המאירה מן נקודה השורפת פנימה קרוב יותר אל פני המראה? האם תתאספנה קרני האור שנית אחר התחרקן מבלי להתאסף עוד בנקודה אחת בעמוד הנקודה המאירה בנקודה השורפת, בהקריבנו אותה יותר אל פני המראה להוליד ציורה, ואיה היא ונדענה? גם את השאלה הזאת יפתור לנו חק חזרת קרני האור: כאשר נראה (ציור (22) נחשוב למשפט צדק כי קרני האור הפוגשות בשטח המראה תפרדנה ותתרחקנה יותר זמ"ז, ולא תפגשנה עוד באיזה נקודה אחת להוליד איזה ציור כמו שנראה ברור בציור הזה: קרן האור Da בשובה מדרכה תשוב בדרך הקו aa ותוליד זוית Daa, הגדולה הרבה מזוית Dbb' הנולדת מקרן האור Db בשובה בדרך 'hh, והאחרונה גדולה היא יותר מן הזוית 'Dcc' שהיא עוד גדולה ממדת הזוית הקטנה 'Dad, וכן יהיה גם עם כל קרן אור הפוגשת את פני המראה בנקודה הרחוקה מן המרכז: כל זוית תגדל יותר בהולדה מקרני האור הפוגשות את פני המראה בנקודה הרחוקה יותר מן 'A. ותקטן — מאותן הפוגשות את פני המראה בנקודה הקרובה יותר אל 'A. וכל אשר תגדל הזוית כן תוסיף קרן האור השבה (aa, aa, 'bb' hh) להתרחק מן הנשארים, ולכן לא יוכל להולד איזה ציור; אולם לעין האדם העומדת מעבר פני המראה יראה ציור הנקודה מעבר למראה וחוצה במקום B, וזאת יתבאר בנקל כמו הולדת הציור במראה מלוטשת ישרה (II, ח): קרן האור aa' או הדומה לה 'aa תראה לעין האדם כאלו עברו דרך המראה והארכנה מהלכם עד B (בדרך aB או a'B) וכן תראנה גם כל הקרנים הנשארות שתעבורנה דרך המראה לבוא בנקודת האוסף B להוליד שם ציור הנקודה D, אך בזה לא ישתוו. כי מרחק הציור B מהמראה גדול ממרחק הנקודה המאירה G ופשר דבר זה הלא יבין כל קורא משכיל. —

הנה ראינו כי בעמוד איזה נקודה מאירה לפני נקודת השרפה יראה ציורה לפני המראה, ואם אחרי נקודת השרפה קרוב יותר אל המראה, אז יראה הציור אחרי המראה; אולם שנוי גדול בן שני מיני הציורים האלה!

הראשון יולד, לפי חזרת קרני האור בנקודת האוסף. בפועל, כי ימצא בפעל (בהולדו מן קרני האור השבות לאחור), ובתכונתו דומה הוא לציור האור בחדר האפל (H, א.) וע"כ יקרא: ציור מחויב אמתי, הנמצא בפעל או טבעי (אבזעקטיווער), הציור הזה לא ישתנה לפי מצב המביט אך לפי המראה; אולם לא כן היא תכונת הציור בעמוד הנקודה המאירה אחרי נקודה-השורפת קרוב למראה. תכונתו דומה לתכונת הציור במראה מלוטשת ישרה, וקרני האור הפוגשות את פני המראה תתפזרנה יותר ויותר אשה מרעותה, וציור הנראה יקרא: ציור משולל, בלתי אמתי, מדומה, רעיוני או מדידי (נעגאַטיווער). הציור הזה תולה הוא לפי מצב העין, והוא בלתי נמצא בפעל אך לעין הרואה יראה כאלו הוא נמצא, הראשון קצוב הוא במקומו ולאנשים השונים המביטים עליו יראה במקום אחד כי הוא תולה אך לפי מרחקו מן המראה וקשתיות המראה; אולם השני יליד-מצב הוא, לאמר: הוא תולה לפי מצב עין המביט עליו. ולכן לכל מביט יראה במקום אחר לפי מצבו, כאשר ראינו בזכוכית מלוטשת ישרה, ועוד נשוב שנית לראותם במראות עקומות.

~~~~~~~~

ה.

ציור קבוץ-נקודות במראה עקומה.

הנה עד הנה דברנו מחזרת קרני אור של נקודה אחת, העומדת נוכח המראה, להוליד ציורה, וראינו ברור כי כל קרני אורה תאספנה בנקודה אחת שקראנוה נקודת הציור, ועתה נלכה נא לראות את חזרת קרני אור של גשם אחד, אשר כל נקודה ונקודה שלו תשלח קרני אור לכל צד סביב סביב, נראה אם אחרי חזרת קרני האור הרבים והשונים במקומות שונות יולד איזה ציור, אם לא. נעמיד נא איזה גשם מואר (A) נוכח פני מראה עקומה (DB, ציור 20), ואז: כל נקודה מהגשם הזה תאיר את פני כל המראה הזאת, אשר כל קרן תשוב לפי חק החזרה לאחור. נבחר לנו (מן כל הנקודות הרבות האלו) איזה נקודות ראשיות a,d,e,g'd לראות את מהלך קרני אורן, ונראה שהנקודה e השוכבת על קטר המראה תשלח מלא קרנים (כמו הנקודה A (ציור 17) סביב סביב, אשר אלה הפוגשים את פני המראה ישובו לאחור בנקודת הציור, השוכבת על קטר המראה שהיא מקום פגישת הקוים הרבים. . . ,eA'e , cAc (בדמיונני נמשכם) היוצאים בראשונה מן e; שמה נמצא את ציור הנקודה e. כאשר ראינו (III, ג.) תצוירנה הנקודות a b' העודמות למעלה מן קטר המראה במקומות a, b' תחת קטר המראה,
~~~~~~~~

וכן dd, — תחת קטר המראה במקומות g'd' שהן נקודות האוסף של קרני האור, הלא נראה בזה כי הגשם A יצויר במקום A", יען כי קרני האור מכל נקודה מאירה יתאספו בנקודה קצובה מיוחדת, ואם נביא בהקום A" לוח ניר או עץ לבן, באופן אשר לא יעצור את מהלך קרני האיר מלפול על המראה אז נראה ברור תמונת הגשם A על הניר הלבן בגדל d'a' הקטן מגדל A; הנה ראינו בזה כי הציור יקטן מהגשם המאיר, וכי הפוך הוא, הנקודה a תצויר למטה מן קטר המראה, והנקודה d למעלה מהקטר. המקום אשר בו יצויר הגשם A יקרא מקום הציור. בנקודה השורפת של איזה מראה העומדת נוכח אור השמש (ציור 18) נמצא את ציור השמש: בהביאנו לוח נייר לבן מאד (שלא ישרף מהר) בתוך הנקודה הזאת נראה ברור את תבנית השמש קטן מאד, אשר לפי חזרת קרני אורו ההולכות מקבילות לקטר המראה תאספנה כלן בחצי המרחק A'C, הוא בנקודה F (ציור 21) ממנה עד המרכז C נמצא את מקום הציור, אשר ישנה מקומו כפי אשר נקרב או נרחיק את הגשם המאיר מן המרכז והלאה. נתבונן נא על מקום וגדל הציור בהקריבנו את הגשם המאיר למרכז: אם במקום D נעמיד איזה גשם אז נמצא, לפי חזרת קרני האור הראשיות aa, aCa' היוצאות מראש הגשם, או db, dCd היוצאות מרגל הגשם, את מקום הגשם במקום D' וגדלו d'a'— קטן מן הגשם המאיר; אולם אם נקריב יותר את הגשם D למרכז עד אשר יעמוד במקום E, אז נמצא (III, ד.) כי מקום הציור התקרב גם הוא אל המרכז, עד אשר ימצא במקום E וגדלו d"a"—גדול יותר מן d'a'. נראה מזה כי כל אשר נקרב את הגשם למרכז כן יתקרב גם ציורו לעומתו ויתגדל מעט מעט: אם מקום הציור וכן להיפך — יתקטן מעט מעט, ושעור היותר קטן הוא בנקודת השרפה יפול בנקודה F אז יהיה בתכלית קטנו, ומשם כל אשר יתקרב אל המרכז (בהתקרב גם הגשם לעומת המרכז) יתגדל וישתוה יותר ויותר אל גדל הגשם, עד כי באחרונה בהגיע גשם המאיר במרכז אז ישתוה גדל הציור לגדל הגשם, שמה הוא בתכלית גדלו, וכל גדל הציור יפול על גדל הגשם וישתרע עליו. משם, כל אשר נשוב להעתיק את הגשם אל הנקודה השורפת F, ישוב ציורו להעתק מהמרכז והלאה להתרחק מן המראה, וכל אשר יוסיף להתרחק ממנה כן יתגדל יותר ויותר והפוך יהיה. אם D' הוא הגשם המאיר (ציור 21) נמצא, לפי חק חזרת קרני האור, את ציורו במקום D בגדל ad ותמונתו הפוכה מתמונת הגשם D. כל הציורים האלו מחויבים, נמצאים או אמתים המה; אולם אם נוסף להעתיק את הגשם מנקודת השרפה F אל המראה, אז יפזרו קרני האור, וכל ציור בלתי ימצא, אך לעין המביט יראה כאלו עברו קרני האור המפוזרים את המראה להתאחד לאיזה ציור משולל, מדומה, או רעיוני, כמו שנראה פה (בציור 22): כל קרני האור של פני האיש A העומד נוכח המראה, תשובנה לאחור בנפלן על שטח המראה, וזוית החזרה נמצא על פי חק השבירה.

מכל קרני האור האלה אשר תבואנה בשובן תוך עין האדם יראה כאלו עברו דרך המראה לעבר השני, ושמה יראה גדול יותר מגדל המוחש A.

ו.

מראה גבנונית, ועגול-עמודי.

אם נעקם את פני לוח זכוכית כדמות חצי צילינדער ואת פניו הפנוטים (דיע אינעוועניגסטעאבערפלאכע) נצפה באיזה דבר בלתי שקוף; אז תהיה בידנו מראה גבנונית (קאנוועקס שפיעגעל). בדמותה שוה היא למראה שקערורית אך בזאת תשתננה: הראשונה מצופה היא מבפנים, ואך שטחה החצון שקוף הוא ומלוטש היטב, וקרני האור הנופלות עליו ותבואנה עד הצפוי תשובנה אחור לפי חק החזרה; אולם המראה השקערורית, כאשר ראינו, מצופה היא מבחוץ ושקיפה היא פנימה, הפוך מצפוי הזכוכית הגבנונית, ולכן גם פעולותיהן מתנגדות הנה אשה לרעותה, ובידענו את פעולות המראה השקערורה נדע גם אותן של הגבנונות, המתנגדות לפעולות הראשונה: בעוד אשר הראשונה תקבץ קרני אור לנקודה אחת אשר בזה תוליד לפעמים ציור מחויב, תפעל השניה פעולה מתנגדת לה כי, תפזרן תמיד בפגשן את פניה, ולעיני המביט יראה כאלו עברו הקרנים דרך המראה, ובזה ובזה יראה ציור משולל. גם ציוריהן המשוללות שונות הנה אשה מרעותה, כי הציור אשר יראה בהשקערורית הוא לעברה השני, לצד הבולט שבה ובאופן אשר הגשם המאיר יעמוד פנימה, והציור אשר יראה בהגבנונית יראה פנימה, לצד המרכז בעמוד הגשם המאיר להעבר השני לחוץ מהעיגול; בראשון נראה ציור גדול מהגשם המאיר, אשר לא כן בהשני, הציור קטן הוא תמיד מן הגשם המאיר. הגשם B (ציור 24) העומד נוכח פני המראה הבולטת ישלח קרני אור השבות אחור בנפלן על פני המראה החיצונים לפי חק השבירה, ובמקום A יראה ציורו המדומה והמשולל. —

אם נשוב להתבונן על פעולת המראות העקומות אשר זכרנו עד כה הלא נמצא כי כל הגשם כלו: רחבו, ארכו, גבהו ושטחו יראו שונים מכפי שהם באמת, ולכן תבניתו קטנה או גדולה מגדלו האמתי, יען כי עקומות הנה המראות בכל חלקיהן בתבנית גזרת כדור, וכן קרן האור אשר תפגוש את פני המראה באיזה נקודה שתהיה, תטה לאחור כאשר ראינו; אולם אם נקח לנו מראה ישרה ונעקימה לעמוד עגול (צילינדער), אז הלא אך את רחב המראה שֻנה, וארכה ישר הוא לכן ארכה יפעל כמו מראה ישרה, ורחבה — כמו מראה עקומה, ובכן תהיה תוצאות הדבר הזה, כי הגשם A (ציור 25) יתקצר בעביו, אולם ארכו שוה הוא לארך הגשם A, וזאת

יתבאר בנקל לפי חק חזרת קרני האור. ובכלל: כל דבר עב יראה בהעיגול-עמודי כמו דבר דק וכל קו ארוך לא ישתנה בארכו כי אם ברחבו כי קרני האור לא תטינה מנטית מהלכן לארך, ואך תתקבצנה זל"ז להקטין בזה את מדת הרחב; ללמודים מדעים נמצא בו חפץ ברצותנו לשנות את תואר הגשם ברחבו או בארכו ובעזרתו נבוא אל מטרתנו זאת.

עוד מין שלישי נוכל למצא במראות העקומות, והוא מראה עקומה בדמות קעגעל, אשר גם היא תוכל להראות ציורים בתכונות שונות, אך לא ארבה עוד בדברים על אדותם, כי כל הנפלאות הרבות אשר תוכלנה להראות במראות העקומות, יבאר חק הטבע האחד והוא: חק חזרת קרני האור לאחור ובעזרת החק האחד הזה, שכבר בארנוהו למדי, יוכל הקורא לבאר את כל החזיונות השונות כי קרן האור תשמור תמיד את החק לשוב בנטית הזוית, כמדת הזוית אשר פגשה את שטח המראה בראשונה. ציורי האור אשר יראו במראות השקערות או הגבנוניות נקראו ציורים קטנים או מגדלים, כי ציור הגשם כלו נשתנה ברחבו ובקומתו, אבל תמונת הציור ותארו לא נשתנו במאומה מתואר הגשם עצמו; אולם לא כן המה הציורים הנראים במראוה עגול-עמודי או במראה הנעשה בדמות קעגעל, כי הנה תלדנה ציור משבת, כי הוא נשתנה אך ברוחב; בארך או בגבה בלבד. גמצא תואר הציור כלו נשתנה מתואר הגשם המאיר.

~~~~~~~~

ז.

המראות המאירות והשורפות.

הנה ראינו את הציורים השונים אשר תלדנה המראות העקומות השונות למיניהן. עתה נבוא לבאר את פעולותיהן האחרות.

המראה השקערורות תצלח לנו להאיר מרחב רב. הנה כפי אשר ראינו (I, ד.) יתמעט האור באיזה מרחק מן הגשם המאיר, בשיעור מרובע, ולכן נרגיש היטב ומהר את התמעטות האור בהתרחקנו מן הנר אף מעט ממקומנו הראשון. פשר דבר זה הלא נדע כי הוא בסבת מהלך קרני האור סביב סביב לכל צד; אולם קרני האור הנופלות על פני מראה שקערורית, שיצאו מן איזה נר העומד בנקודה השורפת של המראה הזאת תלכנה בשובן לאחור ממנה לפי חק החזרה, הלאה בתכונת קוים מקבילים זה לזה (III, ד.) לאמר, קרני האור בעזבן את פני המראה לא תתרחקנה זה מזה אך מקבילות תהינה לקטר המראה, וכן תשובנה והלכנה מרחק אין-קץ בלי התרחקות זה מזה לכן גם חזק האור ישוה בכל מקום מהלך
~~~~~~~~

הקוים האלו, גם אם רחוק הרבה ממנה יהיה כי לא יתפזר האור הנה והנה אך חזקו יתמעט (בשעור קטן) אם ירבה מאד להתרחק מן המראה והלאה והוא בשל השבתת ובליעת האור. התמעטות האור הזה לא רב הוא, ואראַגאָ מצא (1811) את חזק אור, המחזר בעזרת המָראה העקומה, במרחק 3 ½ פרסאות כחזק אור ככב מבני המעלה הראשונה. בעזרת מראה כזאת נוכל להאיר היטב דרך גדול וארוך, מבלי אשר יתמעט האור הרבה בחזקו בהתרחקו מהמראה ובכלל: תוכל להביא לנו תועלת בחפצנו להטות את דרך קרני האור, ההולכות ומתפזרות ולהוליכן בדרך חדש שלא תתפזרנה יותר.—

קרני האור הנופלות על פני המראה המאירה תפולנה בתבנית קעגעל שראשו מגיע בנקודה השורפת, וקרני האור השבות ממנה תשובנה בתבנית עגול-עמודי (צילינדער); אולם אם קוי האור יפלו על המראה בתבנית עמוד עגול, אז ישובו בתבנית קעגעל להתאחד בנקודה אחת השורפת-B, כאשר ראינו גם בהתאסף קרני האור של השמש בה, ובחומה כי עז תשרף כל דבר קל-השרפה ברגע בואו בנקודה הזאת, לכן תקרא המראה הזאת מראה שורפת. במראות גדולות תקבצנה בנקודה אחת קרני אור רבות מאד, וחומן יגדל מאד, עד שיש בכחן להתיך מתכת (מעטאלל) קשת ההתכה.

בימים הראשונים, בעוד אשר הבערות פרשה צלה על יושבי חלד להאמין בכל הבל ושוא, כאשר הורום כהניהם עובדי האלילים, מצאו חפץ (להתעות את העם המגישים מנחה ונסך לפניהם) במראות השורפות, כי שרפו בן את מנחותיהם ואמרו כי אש קדוש הוא, אש־שמים שהשליך ארצה אחד האלילים למען הריח ריח נחוח ממנחותיהם, והעם ההולכים בחשך האמינו בדבריהם, וקדוש קדוש יאמרו לכל מעשי הכהנים המראים נפלאות האלילים. אך מעת זרחה שמש הדעת להאיר ליושבי תבל ברחה חשכת הבערות; מעתה לָקחו הנפלאות מיד כהני-און אשר אך להוליד את העם שולל במעשיהם הזרים כל מגמתם, ונתנו ביד חוקרי הטבע אשר אך להתקרב אל האמת מגמת פניהם.— כהני און הראו, בעזרת המראה העקומה, תבנית אלילים שונים באבק או בקטור העב אשר העלו אישי זבחותיהם לרצון לאליליהם, ואם נסה איש אחד אשר לב לו להבין את מעשי הכהנים הזדים, להורות את העם דעה ולהשכילו בינה, רדפוהו הכהנים עד חרמה, ויקראו אחריו מלא כי אפיקורוס הנהו וכל איש אשר ידו תהיה בהאפיקורוס הלז לרעה יבוא על שכרו. ועתה הנוכל להתפלא על כי עמדה אז החכמה במקומה מבלי להאציל מרוחה על העם לתועלתו? הלא מלבד אשר הנסיון-רב-השנים-אשר העלה רוח חכמי זמננו, חסר להם אז, עוד יראו מלחקור אחרי מעשי הכהנים או להודיע רעיונותיהם בקהל עם, פן תעלה חמת הכהנים עליהם וירדפום באף להשבית זכרם מני אנוש; אכן בימינו אלה עברה ממשלת הכהנים מני הארץ וכל איש הפשי הוא

לשבוע מזיו החכמה ככל אשר תמצא ידו, ונפתולי האלילים לא יכבידו עליו עוד — רוחו תרוה נחת ועגג כי הולך הוא וקרוב אל האמת ומגמת פניו קדימה!

ח.

מראות שורפות גדולות ועצומות.

אם נגדיל את שטח פני המראה השורפת אז יגדל גם כח שרפתה, כי אז יקבלו פניה קרני אור ימים רבות ועצומות להתותן לנקודה השורפת, וברבות הקרנים יתרבה גם כמות כח הפעולה היוצא מאתן. מראה שורפת כזאת תוכל גם להעלות כרגע בלהב אש עץ ירוק (גרינע) וגם דשנו יהפך לזכוכית, גם כל דבר קשה השרפה אם נשחירנו בפיח ימהר להשרף להקטר גם להנתך. איזה מיני חמר, אדמה, אבן ודומה להם יותכו לזכוכית המשתנים בצבעם לפי ראשי יסודותיהם. נפלא הדבר: כל גשם אשר נהפך לשחור מראיהו ימהר הרבה מאד להשרף יותר מן הדבר אשר כלו הפך לבן ובהיר. פשר דבר זה הוא: כל דבר שמראהו כהה הלא יבלע את קרני אור השמש הנופלות עליו, ובהעדר אור ישכון עליו חשך, ע"כ יראה שחור ואך הגשם המחזיר את כל קרני אור השמש לעין האדם יראה בצבע לבן; ברבות הקרנים הנבלעות בגשם כן תרבנה חומו העצמי וכן יוסיף לשנות תכונתו לנוזל או אויר.— יען כי פעולת מראה השורפת תגדל כל אשר יגדל שטחה המקבל את האור לכן ראו להכין מראות גדולות עד למאד, ועל ארכומעדעס החכם הנפלא יסופר כי בעזרת מראה שורפת גדולה שרף צי אדיר של הרומאים. גם עוד איזה אנשי קדם ידעו מהמראת השורפת; אולם חמרם ובנינם עוד נעלם מאתנו לכן נלכה לראות את המראות אשר נעשו בידי חכמי זמננו:

בשנות המאה השבע עשרה נעשו מראות גדולות של מתכת, אשר פניהן המופנות אל פני השמש לוטשו היטב להחזיר קרני האור בנקודה אחת כמו מראה השורפת של טשירנהאוזען (1687), שרחבה היה 2 מעטר ומרחק השרפה — מעטר אחד. או של ביללעטטע (1666) אשר רחבה ומרחק השרפה שלה מעטר אחד. גארטנער הכין (1715) מראות שורפות אשר חמרן היה של עץ וצפן זהב להחזיר קרני האור. כן הכינו עוד אנשים שונים מראות שורפות של חמרים שונים, צפוים שונים ותוארים שונים (עלליפטישעים או פאראבאלישעים), ועוד בשנות המאה השבע עשרה כבר הכין מאטמיללער לעיני הקיסר פעררינאנט השלישי **מראה שורפת מקרה**. אולם לא נתפלא על זאת, כי הלא לא חמר הגשם עצמו יאציל

בחומו על הגשם הנשרף, כי אך ישיב קרני אור השמש לאחור. לא בכחו אונו חומו גדול אך מיד השמש היתה לו כל זאת, והוא אך בתוארו וחלול יפליא עיני האדם בפעולותיו.— רבים ישתוממו מאד בראותם כי המראה השורפת, אשר בכחה להתיך גם מתכות בהובאם בנקודה השורפה, פניה קרים עד כי לא יוכר כי היא תעצור כח להתיך גם מוצקים, המה ישתוממו יען לא ידעו את חזרת קרני האור ולא ידעו כי לא המראה השורפת תשרוף (כאשר יאמרו המה), אך קרני אור השמש המקובצות בנקודה אחת בפעולת המראה השקערורית, כמו בפעולת גזרות רבות של מראה זכוכית ישרה, הנטוית באופן אשר תשבנה קרני אור השמש הנופלות על פניהן, למקום אחר, ואז בהביאנו גזרת נייר או עץ במקום קבוץ הקרנים יעלה בלהב אש שמימה וישרף. קבוץ מראות השורפות כאלה שוה הוא בפעולותיו לפעולות מראה השורפת שדברנו בה עד כה, ויתרון גדול נמצא בראשונה מבאחרונה בזאת, אשר נוכל להגדיל ולהקטין את מרחק השרפה בהטותנו יותר את גזרות הזכוכית זאת מול זאת, וגם נוכל להגדיל את פעולתה אם נרבה את מספר גזרות הזכוכית כחפצנו. ביפפא (1747) העריך 128 גזרות זכוכית. והתיך בדיל במרחק 41 מעטר וכסף במרחק 19 מעטר. גם ראבערטזאן (1795) העריך קבוץ גזרות זכוכית אשר מרחק השרפה גדול היה מאד, ואשר העלה בלהב את כל הגשם אשר בא בנקודת השרפה.



IV

האור העובר דרך איזה גשם.

א.

שבירת האור.

ישנם גופים שקופים ובלתי שקופים. בלתי שקופים יקראו כל הגופים אשר יעמדו לשטן בעד האור לבלי נתון לו מעבר בתוכו, ושקופים יקראו אלה אשר האור יעבור בם באין מפריע. האויר הוא בתכלית השקופיות לכן יבצר ממנו מזימה לראות את האויר, יען כי כל קרני האור

הנופלות עליו־יחדרו כלן תוכו ותבאנה לעין האדם בלי שום שינוי; לא כן המים והזכוכית, המה, אף כי שקופים הנם בכל זאת למדרגת שקופיות של האויר לא יגיעו. נתבונן נא איפה על האור היוצא מהשמש לבוא אל מקום האדמה: בבואו בחוג האויר לא יעמוד על מקומו שם, אך יוסיף להתקרב בעצם תומו, בהלכו דרך האויר השקוף, לעין האדם; אולם בנפלו על גשם עכור, בלתי שקוף, אשר לא יתן מעבר לקרן האור בו אז תשוב קרן האור לאחור בדרך אשר באה עליו, והוא חזיון חזרת האור אשר את חקותיו שום שמנו כבר לפני ה ו״א (II, ז; ח; ט.); אז תעלם קרן האור מהאיש העומד על קו הישר של מהלך האור בראשונה, ואך בעמדו במקום אשר בו ישוב לאחור שמה יראה אור.

אם לוח זכוכית לבנה או צלוחית לבנה המלאה לה מים צלולים יפגשו קרן האור בלכתה, אז תעבור הלאה דרך הזכוכית או המים ותפול לעין האדם הקורא אם יתעורר לשאול פשר דבר החזיון אשר בעד זכוכית צבועה או נוזלים צבועים באיזה צבע נראה את הגשם הלבן. השולח קרני אורו על הזוכית או המים, בצבע ההוא אשר הזכוכית או המים צבועים בו ימצא מבוקשו הלאה בספרנו זה, כי אל החזיון היקר הזה שמנו מקום מיוחד. ופה שמנו מגמתנו להתחקות על שינוי מהלך קרן האור אשר עבר דרך גשם לבן שקוף, והוא גם הוא חזיון טבעי נפלא מאד אשר יפליא את רוחנו בשאלות משאלות שונות, בהתחקותנו על תכונותיו:

קרן האור הנופלת על פני גשם לבן ושקוף תעבור תוכו לעבר השני הלאה הלאה; אולם אם נתבונן היטב על דרך קרן האור אשר סללה בעדה בתוך הגשם השקוף נמצא כי היא עזבה את דרכה הישר אשר הלכה בו טרם פלסה לה נתיב בגשם השקוף, ותט הצדה, ובנטותה הצדה הולידה זוית רחבה או קצרה עם הקרן הבאה אל הגוף השקוף ההוא. ומדת הזוית תשתנה לפי תבונת כל גוף וגוף כאשר עוד נראה הלאה בספרנו זה. ובצאת הקרן מן הגשם ההוא לעשות דרכה הלאה תפלס לה גם הפעם דרך חדשה באויר ותוליד שוב זוית עם הקו אשר עבר בתוך הגשם פנימה, אך שונה תהיה הנטיה השנית מהראשונה כאשר עוד נשוב לראות.

החזיון הטבעי הזה יקרא בפי חכמי הטבע בשם שבירת האור' לאמר קרן האור תשבר בדרכה. בכלל נוכל להוציא חק טבעי: בעזוב האור גשם שקוף אחד לבוא בשני אז יטה מדרכו הראשון וישבר, ואז לא יראה הגשם לעין האדם במקום אשר שם הוא, אך במקום אחר, אשר נמצאהו על הקו הישר של דרך קרן האור החדשה ואם נפשך, קורא יקר ואהוב! תתאוה לראות איך חזיון נקל כזה יוכל לפעמים להתעות את עיני האדם תוכל להוכיח בהביאך מטה ארוך בתוך כלי מים, אשר

חציו יובא במים וחציו יעלה מעל לשטח המים, אז, אם הבאת אותו בנטיה מעט לעומת שטח פני המים, יראה לעינים כאלו נשבר המטה בנקודה הקרובה לשטח המים, ובנקל נוכח כי אך חזיון שבירת האור יוליך את העינים שולל כי בהוציאנו את המטה מן המים ונמצאינו שלם כאשר היה בראשונה. עתה נאחזהו בידנו, ואת זה נעשה: נעמידנו במים עד חציו זקוף וישר לעומת מרכז הארץ, אז יראה ישר, בלתי שבור ואך כאשר נטינו מעט הנה או הנה אז יראה כאלו שבור הנהו, והחצי אשר במים יראה נטוי למקום נטית המטה; לא המטה הוא שבור אך קרני האור שבורים.

ב. ◌

שבירת האור בעברו חמרים השונים בעבים.

אם התעה תתעינה אותנו העינים, להאמין כי הקנה הטבול במים עד חציו שבור הנהו מי יודע אם לא תתעינה אותנו יותר עד אשר נאמין למצוא איזה גשם באיזה מקום אשר באמת איננו שם? כן כן הוא הדבר! ישנם אופנים רבים ומיוחדים (אשר נזכירם) שיראונו את הגשם במקום אשר לא ימצא שמה, ואך יען כי אין מוכיח לנו הנכונה נאמין כי במקום אשר נראינו שמה הוא. את תעות ראות העינים בקנה המובא במים עד חציו נמצא בנקל, באשר כי קרני חציו האחד תבואנה ישר לעינינו ולכן נראיהו במקום אשר הוא שמה, אולם קרני חציו השני תשברנה לכן לא יראה במקום שהוא שמה אך נטוי מעט הצדה, ובהשתנות מהלך קרני האור של חצי הקנה הראשון ממהלך חציו השני יראה כאלו שבור הנהו, ובידענו בטח כי הקנה לא נשבר לכן נדע ברור כי אך יראה שבור; אולם את שינוי מקום ראות הקנה, אשר כלו במים הנהו, לעיני המביט עליו מן הצד אין מי יוכיח לנו את אמתתו. דגי הים הנראים לעינינו בתוך המים בשוטם הנה והנה לא יראו לנו במקומם האמתי. אם תתפלא על זאת קורא אהוב ולא תתן אמון בדברנו, הנה הנקל לעשות נסיון קל אשר יראה ברור כי לפעמים תקומנה עינינו לצחק בנו: בתוך כלי ריק אשר החמרו בלתי שקוף הוא, נזרק אגורת כסף באיזה מקום B, ונעמוד במקום A באופן אשר קיר הכלי תכסה את האגורה (הקיר a) ולא תראה לעינים. ואם נתן בו מעט מים ונביט ממקום A בכלי, אז תראה כרגע האגירה לעינים במקום б. אולי יעלה על לבך לחשוב כי המים בהשפכם העתיקו את האגורה מן עמדתה עד б, תנסה עתה להביט על האגורה במורד ישר ממקום D; אז תוכח כי היא תשכב במקומה הראשון B, ואך בבואך שנית במקום A

להביט על האגורה תראינה שנית במקום b. פשר הדבר, הנפלא הזה נמצא בנקל בהתבוננו על מהלך קרני האור מן האגורה לעין האדם. לכן נלכה לתתחקות על שרשיו.

האגורה B תשלח מלפניה מלא קרני אור החוצה באויר דרך המים. מכל קרני האור הרבות נתבונן אך על קרן האור האחת המגיעה לעין המביט. בהגיעה לשטח המים העליון אשר משם תוכרח לעזוב את נטית דרכה הישרה ולנטות יותר אל פני המים ובדרך הקו הישר הזה תגיע לעין האדם, ואז תראה את האגורה על פני הארכת קו הישר של הדרך השני אשר סללה לה קרן האור והוא במקום b. נראה מזה כי לפעמים גם במקום אשר קרני האור לא תבואנה לעין האדם ישר באשר כי איזה גשם יעמוד לשטן בדרכן הישר תוכלנה להגיע לעינינו בעזרת השבירה.—

הנה נודע לנו לפי ההק שאמרנו (IV, א.) כי בעזוב האור את האויר שנקראהו מעתה גשם רפה, או גשם המשבר האור מעט לבוא בגשם שני: זכוכית מים או איזה גשם שקוף אחר אשר נקראם בשם גשם עב, או גשם המשבר הרבה את האור, כן גם בעזבו זכוכית או מים לבוא באויר ישבר שנית מדרכו הישר; אולם לא בכל פעם ישבר האור בתבונה אחת, שבירת האור אשר תולד בעברו מגשם עב לרפה שונה היא תכלית שינוי מן השבירה שתולד בעברו מגשם רפה לעב. בעוד אשר בעבור האור מגשם עב לרפה יתקרב אז בהשברו יותר לשטח העליון של הגשם העב, נמצא את האופן המתנגד לזה בעבור האור מגשם רפה לעב — יטה ויתרחק יותר בהשברו משטח העליון של הגשם העב אשר דרך בו התחיל לבוא בגשם העב באיזה נטיה.

גם האור הבא אלינו ממרחקי הככבים ישבר כדת טרם בואו לעין האדם: בראשונה, בהתחלו לבוא בחוג האויר ישבר מעט, ואז יוסיף להשבר יותר ויותר, יען כי עובי האויר יתרבה כל אשר יתקרב אל האדמה, כנודע.

ג.

זוית הנפילה וזוית השבירה.

ישנם חמרים אשר אף כי לא יעלו במדרגת מעבם על מעבה הגשם אשר אותו עזב האור לבוא בם בכל זאת יטו עוד יותר את האור בעברו בם ואך הנסיון ילמדנו להפליא בין החמרים השוברים את האור העובר בם, וכן יחלקו הגופים השקופים למחלקותיהם לפי תכונת שבירתם את האור, והוא ענין נכבד מאד בחכמת טבע האור, ואחד מהחזיונות הנפלאים אשר נפגוש

בחקירת האור, החמרים השוברים הרבה את האור יקראו בפי חכמי הטבע (גם אלה אשר לפי מדרגת מעבם, לא יאות להם השם הזה) עבים בעד האור, מדת שבירת האור תומד: על פי נקודת הנפילה של קרן האור על שטח גבול שני החמרים (אשר מאחד יצא האור ובשני יבוא) נקים עמוד נצב אשר נמשכהו גם הלאה בחמר השני, הזוית אשר יעשה עמוד הנצב עם קרן השניה בחמר הראשון תקרא זוית הנפילה (עינפאלסווינקעל), והזוית השנית אשר יעשה עמוד הנצב עם קרן האור השבורה בחמר השני תקרא זוית השבירה (ברעכונגסווינקעל). קרן האור אם תפול במורד ישר (ווערטיקאל) כמו עמוד נצב על שטח החמר השני, אשר אז לא תצא שום זוית (מדת הזוית לא תהיה—90), אז תרד גם בגשם השני במורד ישר על קו הנצב, לאמר. קרן האור לא תשבר אז מאומה ואת נטית דרכה לא תשנה אף כמלא השערה; אך כאשר נטה מעט את שטח הגשם השני למול קרן האור אז יולד חזיון שבירת האור כי קרן האור תטה אל עמוד הנצב בעברה מגשם רפה לעב, או כי תטה מן העמוד הנצב בעברה מגשם עב לרפה להוליד זוית השבירה, אשר תשתנה בכל פעם השתנות נטית הנפילה של קרן האור על הגשם המשבר האור, הנטיה הזאת בהתגדלה הרבה תתגדל גם הרבה מדת השבירה עד כי לאחרונה נמצא. במדת זוית נפילה ידועה, כי השבירה תגדל ככה עד כי קרן האור בהשברה בשטח העליון של הגוף הראשון לא תעזבנו לבוא בגשם השני, אך תסוג אחור לשוב בגשם הראשון. קרן האור ההולכת דרך זכוכית ופוגשת בשטחה העליון בזוית נפילה הקטנה מן 42 מעלות, אז לא יצא האור מהזכוכית לבוא באויר אך ישוב לאחור. כן גם במים: אם תהיה מדת זוית הנפילה של קרן האור על שטחיהם העליונים קטנה מן 49 מעלות גם אז לא תצא קרן האור מהם אך יחזור אחור.— נדע מזה כי שבירת האור נמצאה בצאתו מזכוכית אך בהיות נטית זוית הנפילה מן 90 עד 42, ובצאתו ממים — מן 90 עד 49, אשר אז תתערך מדת זוית החזרה למדת זוית הנפילה; אך בהתגדל זוית הנפילה על המדות שאמרנו אז לא תולד שבירת האור אך חזרת האור, ועוד נשוב לדבר מזה (XII) כי עתה אך לתכונות שבירת האור שמנו מגמתנו.—

הנה ראינו כי מדת זוית השבירה תשתנה לפי שינויי מדת זוית הנפילה אשר נראה מזה כי השינוי הזה יסוב לפי איזה ערך קצוב; גם נראה כי שבירת האור תשתנה לפי כל גשם וגשם שקוף, הנה כל קורא בהתעוררו לשאול פשר דבר שבירת האור יבין מדעתו כי הסבה, אשר תוליד את חזרת האור בכללו גם היא תקצוב, את ערך השבירה לפי נטית קרן האור הנופלת על הגשם השוברה בעברה בו. רבות יגעו ועמלו חכמי דור ודור לבאר את החזיון הנפלא הזה, למצוא את הסבה הראשית אשר תולידנו, נסיונות לאלפים ערכו אז לגלות את פני הלוט והמסכה הנסוכה על פני

החזיון הזה וכל עמלם עלה בתוהו; אולם חכמי זמננו יבארוהו בנקל כי חמה בעים רוחם מצאו את פשר החדה הנפלאה הזאת.— פשר שבירת האור בכללו נבאר במקום אחר (XII), ואך חק חזרת האור נבאר בפרק הבא.

ד.

חק חזרת קרן האור!

בעזרת חק השבירה אשר המציאו חכמי הטבע, הנקל לנו עתה למצוא על ידי רשימה מדידית את קרן האור בחמרים שונים. הנה הוציאו חק: ערך בקע זוית-הנפילה לבקע זוית-השבירה הוא כערך מהירות האור בשני החמרים; מהירותו בגשם אשר יצא ממנו למהירותו בגשם המשברו.

הנה לפננו קרן אור AD אשר תפגוש את שטח העליון PR של הגשם PRS (ציור 1 ,27) שהוא איזה גשם שקוף, אשר מהירות האור בו שונה היא ממהירותיו בהאויר. איזה דרך תבחר לה קרן האור בבואה בגשם החדש PRS אחרי הלכה באויר בנטית הקו AD? נרשום רשימה מדידית (2) לפתר את השאלה הזאת. הקו ad מקביל לדרך קרן האור AD על הקו pr שהוא מקביל לקו שטח העליון של הגשם המשבר את האור-PR. מקום פגישת הקו, המקביל לדרך קרן האור, את הקו השני היא הנקודה d נבחר למרכז וסביבו נרשום שני עגולים, אשר חצי אלכסוניהם יתערכו כערך מהירות האור בהאויר ובגשם השני. על המרכז נקים עמוד נצב bd, ונוכל למצא את מדת זוית הנפילה adb. בנקודה n, אשר בה יפגש קו המקביל לדרך קרן האור בהעיגול הפנימי, נמשך קו מקביל לקו הנצב. והקו הזה יפגש את העיגול ההצון בנקודה m, ומנקודה הזאת m_2 נמשוך קו למרכז הוא הקו dm. וארכת הקו הזה df הוא דרך קרן האור הנשברת, נמשוך בגשם PRS מנקודה D קו מקביל על df (Df), והוא מהלך קרן האור בו.—

הנה קרן האור השבורה, אשר תפגש את שטח השני (PS) של הגשם השובר את האור בנטיה תשבר שנית בתחלת צאתה ממנו לבוא באויר, ונקל לנו למצא את דרכה, שהוא האופן המתנגד לראשון, כאשר כבר ראינו וברשימה נמצאיהו שהוא הקו fg. הלא נמצא כי קרן האור עברה את הגשם PRS דרך עקלקלות: מן A הלכה דרך ישר עד פגשה את שטח הגשם העליון, משם תטה יותר לקרן האור להעמוד הנצב ותסגיר זוית השבירה הקצרה מזוית הנפילה, וכה הלכה בדרכה עד פגשה את שטח השני (PS) של הגשם השובר האור, ובקצרה, נרשום את דרכו שהוא ADfg.

בדרך זה נוכל למצא בנקל את שבירת האור בכל גשם וגשם לפי מדת זוית הנפילה, והיא תאלפנו בינה למצוא מהלך קרן האור החודרת איזה גשם, ובקצרה נוכל לרשום את החק הזה אם נכנה את מהירות האור בגשם בשם A, מהירותו בשני =B, מדת זוית הנפילה C, וזוית השבירה D) D, B=c : A. ובידענו את מהירת האור בהחמרים חשונים נדע גם מזה את שבירת האור בם: ולהיפך: בידענו על פי הנסיון את ערך השבירה באיזה גשם נוכל לדעת גם על פי החשבון את מהירות האור בו, יען כי הא בהא תליה כאשר ראינו.

~~~~~~~

ה.

העברת האור דרך איזה גשם.

נלכה להתחקות על מקום הציור הנראה דרך גשם שקוף אשר צלעותיו נטויות הנה זו לזו או עקומות כמראה קשת, ונתבונן על שבירת האור בו׳

בראשונה נתחקה על שבירת האור בגשם בעל צלעות נטויות (ציור 28):

בעזרת הרשימה המדידית (27. 2) נמצא מהלך קרן האור Ab בזכוכית אשר צלעותיה נטויות הנה זאת למול זאת — bd, ובצאתה תשבר שנית ותלך בדרך da, אז יראה הגשם A ברור היטב להעין a′ אשר תביט דרך הזכוכית הזאת במקום A′ גבוה יותר ממקומו האמתי. כל אשר נסובב את הזכוכית הזאת סביב סביב כן ישנה הציור A′ את מקומו, אם להשפילו ממקומו האמתי או להעלותו גבוה ממנו, וכל השנויים האלו יתבארו בנקל לפי חק שבירת האור, כי בהסיבנו את הזכוכית כן תשונה זוית הנפילה, וכן תשונה עמה זוית השבירה וכן ישונה גם מקום הציור A′ של הגשם A.

זכוכית בעלת צלעות (פריסמא) כזאת תביא תועלת רבה לחוקרי טבע האור, ויען כי אך בעלת שלש הצלעות יבחרו לנסיונותיהם לכן נדבר אך מזכוכית כזאת ובשם זכוכית משולשת נקראנה. הצלעות SR, SP תקראינה צלעות משברות (ברעכענדע פלאכען), יען כי הנה בנטיתן תשברנה את דרך קרן האור הישרה. הקרן S, אשר בהתאחדנה הצלעות המשברות תקרא בשם קרן המשברת (ברעכענדע קאנטע). הצלע PR אך למותר היא כי לא תצלח מאומה, ולמען לא תתן לקרני האור לעבור בה ישחירוה באיזה צבע כהה ושחור, והצלע הזאת תקרא בסיס — או מכון-זכוכית המשולשת (באזיס, געשטעל).—

על פי הרשימה המדידית שהביאנו נמצא את דדך קרן האור השבורה בכל זוית הנפילה שתהיה, ואנחנו נלך לראות את דרך קרן האור השבורה
~~~~~~~

פעמים ′ba . בהאור הצח הבא אלינו ישר מהשמש, הבא בחדר חשוך דרך איזה נקב קטן אחד הנקוב בקיר אחד המופנה נגד אור השמש, נביא את הזכוכית המשולשת ונכונן אותה בראשונה באופן שנוכל להסיבנה מעט מעט על מרכזה: בהפנותנו את מכונה הכהה (PR) נוכח האור אז לא יראה כל אור מעברה השני, יען כי איננה שקופה, ולשוא נבקש אור במקום הקיר אשר שם יגיה האור בהלכו חפשי בחדר כי לא יראה ולא ימצא שם כל אשר נוסיף לגוללה כן תפנה יותר צלע שקופית אחת לעומת האור, אשר תתן לו מעבר לעבר השני וכן יראה האור בהיר יותר לעין האדם; אם נתבונן אז על מקומו נראה כי רחוק הוא מעט מן המקום, אשר שם יגיה לו הלך חפשי ולא דרך הפריסמא המשברת את האור. בהוספנו לגוללה, תוסיף קרן האור להתרחק ממקומה הראשון, עד אשר תגיע למקום אחד קצוב, ואז תהיה בתכלית הריחוק, יען כי משם תשוב להתקרב יותר ויותר למקומה הראשון כאשר נוסיף לגולל את הפריסמא, עד אשר תשוב שנית למקומה הראשון. אז תמה תקופת צלע אחת של הפריסמא ותקופה אחת של קרן האור. בכל שינויי מקומות האור בכל מצב הפריסמא תשמורנה קרני האור את החק הנזכר להתקרב או לתתרחק מן עמוד הנצב לפי מהירות האור השונה בכל גשם וגשם, כפי אשר כבר זכרנו בזה.



ו.

עדשות זכוכיות.

הנה את שנוי האור בעברו דרך זכוכית משולשת ראינו בפרק הקודם, עתה נלכה לראות את שבירת האור בעברו דרך איזה גשם אשר שטחיו עגולים ועקומים המה.

הנה לפננו (ציור 29) גשם BG, אשר עגילו קרוב לדמות עגול-הביצה (כמו שנראה בציור 29). קרני אור השמש ... $aa'bb'ce$ הפוגשות את שטחו הגבולי תשברנה יען תפולנה עליו בנטיה והעבורנה את הגשם ההיא עד פגשן בשטחו השני; משם תצאנה שבורות לבוא שנית באויר. נראה כי קרני האור החודרות בגשם הזה תשברנה שתי פעמים נלכה נא לראות אם נוכל לקצוב את דרך קרני האור ההנה בצאתן מאת פני הגשם הזה:

השטח (BeG של הגשם הזה העומד נוכח קרני העור וטואר ממנו עגולי הוא, ועל פני כל ארכו יואר. מכל קרני האור הנופלות עליו נבחר לנו אך אחרות למען נוכל להתבונן על מהלכן ושבירתן. נקח לנו רשימת ציור

לעזרה. ואת פני הקורא נבקש שיתבונן היטב על הקוים מציני דרך 29
קרני האור (בדברנו בן), ולא יתבהל בראותם ולא ימהר להוציא מלים לאמר: הן מי יודע את הרמזים והסודות הצפונים בהקוים הרבים והנפלאים האלה? כי לא כן דרך בני האדם בימינו אלה להאמין בכל סוד ורמז טרם יבינו את הדבר ואך יען כי רמז הוא לכן יקדש בעיניהם, אין רמזים ואין סודות! ואך את אשר יאלפנו שכלנו ורוח מבינתנו תורנו אותו נשמור לדבר, ולכן אם הקורא איננו ממקדישי הרמזים המלאים פתיות לא יתר לבבו ממקומו בראותו את הקוים הרבים. אך יטה אזן לדברנו עד אשר יתבאר לפניו הענין הזה ויצא מכלל סוד ורמז.—

קרני האור תשברנה בעברן את השטח Be'G לבוא בגשם השני; ולפי חק שבירת קרני האור אשר כבר זכרנוהו (IV, ד.) מצאנו את שבירת כל קרן אור אם מצאנו את הנקודה אשר ממנה נוכל להוריד העמוד הנצב (אנך)' כי אז בידענו את ערך זוית הנפילה נדע גם (לפי החשבון), את ערך זוית השבירה בהעריכנו את מהירות האור אשר בה התנועע האור עדי פגשו את הגשם החדש למהירותו בגשם החדש, נראה מזה כי בידענו את הנקודה אשר משם נוכל להוריד אנך נמצא גם את מהלך קרני האור בהשברן לכן נלך לבקש את הנקודה הזאת:

כפי אשר כבר בארנו (II, יג.) ראינו כי בגזרת איזה עיגול, כל קו ישר אשר נמשך מנקודת מרכזה לכל נקודה שבההקיף יעמוד הקו הזה על הנקודה בלי נטיה כעמוד נצב. כן גם פה: מהנקודה F, שהיא מרכז גזרת העיגול BeG נמשך קוים ישרים להנקודות ... a,b,e מקום נפילת קרני אור השמש על שטח הקדום של הגשם השני ונמצא זויות הנפילה $_eaa, ^ebb, ^ecc$ ואז הנקל לנו למצוא את הזויות ... $a'aF\ b'bF\ c'cF$ — זויות השבירה, כי בהיות הגשם השני יותר עב מהגשם הראשון לכן IV, ג,) ישברו אל עמוד הנצב. ונדע לפי החשבון את מהלכי קרני האור בגשם השני שהמה... aa', bb', cc'. קרני האור ההנה (הנזכרות עתה) תפגושנה את השטח השני של הגשם ההוא, אשר ממנו יצאו לבוא בגשם הראשון אשר בו הלכו טרם עברו את הגשם הראשון. שבירת קרני האור בעברן את השטח השני (Be″G) תגדל משבירתן בפעם הראשון, יען כי על ידי השבירה הראשונה נטו יותר מדרכן וזוית הנפילה תגדל, וברצותנו למצוא, את מהלכן בהלכתן מן הגשם ההוא נמשך מן הנקודה c, שהיא מרכז העיגול Be″G קוים ישרים לנקודות הנפילה של קרני האור, ונמצא את זויות הנפילה ... $aa'C\ bb'C,\ cc'C,$. כמובן. ונמצא את זויות השבירה: ... $^ea'F\ ^eb'F\ _eeF$ אשר $a'F\ b'F\ cF$ המה הקוים אשר יקציבו את דרכי קרני האור בצאתן מן הגשם BG. כאשר נראה נוכח כי קרני האור התקבצו יחד בעברן דרך הגשם BG בנקודה אחת F, וכמו שמצאנו מהלך שלשה קרני האור, אשר דברנו בן, כי הנה התקבצו כלן יחד בנקודה E כאן נמצא כי כל קרני האור (הקוראים יואילו

בטובם להתבונן על שארית הקוים הנמשכים בתכונה מקבילית לחקוים הנזכרים התקבצו בנקודת האוסף F. מתכונת הנקודה הזאת לא נדבר עתה. אך על שנוי מהלך קרני האור נתבונן: נראה כי כל קרני אור השמש אשר פגשו את שטח הקדום של הגשם הזה נשברו פעמים לפי חק השבירה, ונתקבצו יחד בנקודה אחד, לכן בכל עת אשר נרצה לקבץ את קרני אור השמש, או איזה אור אחר אשר קרניו ילכו בתכונת קוים מקבילים זה לזה, אז נעבירן דרך גשם אשר שטחיו המגבילים אותו יהיו כשטחי הגשם BG, אשר עגול הנהו בעביו ע ג ו ל-ב י צ ה.

ז.

שבירות האור השונות בזכוכית השורפת.

הן מצאנו בפרק הקודם כי האור אשר יעבור דרך הגשם העגול עיגול-עליפסי אשר מעתה נקראהו זכוכית שורפת (פשר השם הזה יתבאר להקורא בהמשך דברינו) יתקבצו קויו בנקודת האוסף הקצובה תמיד F; אולם לא יחשוב הקורא כי תמיד יהיה מקום אוסף הקרנים בהנקודה הזאת, כי לא כן הוא, אך קרני אור השמש אשר מקבילות (פַּארַאַלעל) הנה זה לזה תתאחדנה, בעברן דרך זכוכית השורפת בנקודה F, וכאשר נראה בהמשך הדברים נוכח כי לפי שנות קרני האור את נטית נפילתן על פני הזכוכית כן תשנה נקודת האוסף את מקומה. המקום, אשר בו תהיה נקודת האוסף בתכלית קרבותה אל זכוכית השורפת היא מקום הנקודה F, אשר כבר דברנו בה והקורא ידע את מקומה, וכאשר כבר זכרנו פעמים אחדות כי בהיות מהלכי קרני האור מקבילות זו לזו אז תהיה F נקודת האוסף. בהעמידנו איזה גוף מאיר (A ציור 30), נר או צפית, אז קרני האור היוצאות מהנקודה b תלכנה הלאה הלאה בהתרחקות אחת מרעותה, וכל אשר יתרחקו הקוים האלו מהקודה אשר משם יצאו כן יתרחקו יותר אחד מרעהו. והיה אם נעמיד את המאיר (A הזה במרחק כזה מן זכוכית השורפת (BG) אשר יגדל מן גדל מרחק-המרכז (c) הכפול אז ימצא מקום אוסף קרני האור אחריו הנקודה F ו ב ת ו ך מרחק-המרכז הכפול. את כל האמור בזה נראה ברור בציור הנוכחי (30): מכל קרני אור היוצאות מהנקודה b נתבונן אך על שלש מהן: על קרן האור bf, br, ba, אשר תשברנה בעברן את עובי זכוכית השורפת (אם נמשוך מהנקודות c,F קוי אנך לנקודות הנפילה) תלכנה בדרך b$a$bb′, bfb, brb′ ונמצא כי הנקודה b′ היא היא נקודת אוסף קרני האור היוצאות מהנקודה b, ונקודת האוסף הזאת תמצא א ח ר י

הנקודה F ובתוך מרחק־המרכז הכפול אם נוסיף להקריב את הנקודה a למול זכוכית השורפת כן נמצא כי גם מקום אוסף קרני האור יסע אחור הלאה מן F עד בוא הנקודה b בנקודה אשר מרחקה מן זכוכית השורפת היא כמרחק־המרכז הכפול (ככל אלכסון העיגול אם נשלם), אז נמצא גם את נקודת אוסף קרני אור b בנקודה אחת אחרי הנקודה F מעבר פני זכוכית השורפת אשר גם מרחקה מן זכוכית השורפת שוה למרחק הנקודה b מן הזכוכית, והוא כמרחק־המרכז הכפול. בהיות האופן הזה, אז שוה תהיה שבירת האור בצאתו מן הזכוכית לשבירת האור בבואו בתוך הזכוכית, אם נוסיף לקרב את הנקודה b עוד יותר להזכוכית השורפת אז יתרחקו עוד הקוים עד הביאנו את הנקודה b בתוך c, כי אז תלכנה קרני האור, בעברן את פני זכוכית השורפת מקבילות זו לזו, ולא תאספנה עוד באיזה נקודת האוסף והוא האופן המתנגד למהלך ושבירת קרני אור השמש (IV, ו.).

אם נקרב עוד יותר את הנקודה b למול פני זכוכית השורפת בתוך מרחק השרפה אז תתפזרנה קרני האור זו מזו ותלכנה רחוקות אחת מרעותה לבלי שוב עוד להתקרב. הן הנה כל שנויי האור בהשברו בשלחו קרניו דרך זכוכית השורפת.

ח.

קבוץ נקודות האוסף.

זכוכית השורפת דומה בפעולותיה למראה המלוטשת ואך זאת לבד תבדיל ביניהן מקום הולדת נקודת האוסף ושינויי הזויות, ומולידות ההבדל הזה אך שבירת ונטית האור, לאמר: בעוד אשר מקום נקודת האוסף במראה המלוטשת הוא לפני המראה, בהעבר אשר שם תמצא הנקודה השולחת האור, נמצא את נקודת האוסף בזכוכית השורפת אחריה, מעבר השני, זכוכית השורפת תבדיל בין הנקודה המאירה ובין נקודת האוסף שהיא תמצא ביניהן. גם זאת נמצא: זוית החזרה במראה המלוטשת תשתוה תמיד לזוית הנפילה ושתיהן בערך אחד תהינה; אולם בזכוכית השורפת לא תשתוה זוית השבירה לזוית הנפילה, לפעמים תגדל ולפעמים תקטן ממנה כאשר יבין הקורא מראש. מולידות השינוים האלו הן, כפי שאמרנו, שבירת ונטית האור, כי המראה המלוטשת תשוב את קרני האור לעומת שבאו ותתקרבנה יותר אל הנקודה אשר משם יצאו; אולם בזכוכית השורפת תעבורנה קרני האור דרך הזכוכית הלאה להעבר השני ותטינה ממהלכן הישר יותר ויותר.

כמו שמצאנו אשר קרני האור היוצאות מאיזה גשם תקבצנה בנקודות מתאחדות להוליד ציור הגשם כן נמצא גם בזכוכית השורפת. נלך להתחקות שרשי התמונות השונות אשר תֵראינה בעזרת זכוכית השורפת, והקורא יוכל להעריך חקי הולדת הציורים בזכוכית השורפת לחקי הולדת הציורים במראה המלוטשת.

הקו הארוך bb' (ציור 30), אשר יעבור דרך מרכזי העגולים של פני הזכוכית יקרא הקטר. כל קרני האור אשר יצאו מנקודה אחת המונחת על פני הקטר (כמו הנקודה b) תתאחדנה כלן בעברן דרך הזכוכית בעזרת שבירת האור בנקודה אחת שהיא נקודת האוסף אשר גם היא תמצא על פני הקטר, והיא, כאשר מצאנו, הנקודה b' בהנקודה הזאת נמצא את ציור הנקודה b של הגשם A. הנקודה המאירה a של הגשם A אשר תמצא על הקטר (גבוה ממנו) תשלח מלא קרני אור, אשר (בעזרת חקי שבירת האור נמצא כי) תקבצנה כלן בנקודת האוסף אשר תמצא תחת הקטר, והיא הנקודה a' במקום A'; שמה בהנקודה a' נמצא את ציור הנקודה a. כן נמצא גם את ציור הנקודה g, אשר תהיה למטה מן הקטר, בנקודה g' על הקטר, יען כי כאשר יאלפונו חקי שבירת האור תקבצנה כל קרני האור היוצאות מהנקודה הזאת (g) בנקודה אחת (g') שהיא למעלה מן הקטר. ובכלל נוכל להוציא חק כי: נקודות האוסף של הנקודות השוכנות תחת הקטר תמצאנה על הקטר, ונקודות האוסף של אותן אשר תצאנה על הקטר תהינה תחת הקטר, וערך מצב רום או שפלת נקודת האוסף על או תחת הקטר יהיה תמיד לפי ערך מצב הנקודה המאירה, כי כל נקודה מאירה בגשם המאיר הקרובה יותר אל הקטר מנקודה שניה גם נקודת האוסף שלה קרובה תהיה אל הקטר מנקודת האוסף של הנקודה השניה (III יג.), נמצא כי כל נקודה מאירה של הגשם A תוליד לו נקודת האוסף מיוהדת במקום A'. ויען כי נקודת האוסף של איזה נקודה מאירה היא גם נקודת הציור של הנקודה ההיא לכן הלא, כאשר נבין, נמצא את ציורי כל הנקודות המאירות של הגשם A במקום A' אשר בעמדם לפי ערכם כל אחד ואחד על מקומו הראוי יתאחדו כלם יחד לציור גשם שלם אשר, אשר הוא ישא את כל הציורים של הנקודות הרבות אשר נתאחדו יחד, והציור הזה שהוא A' הוא ציור הגשם A. העומד נוכח זכוכית שורפת יראה כליל בהדרו בתוך המקום A'. אם נתבונן על איכות הציור A' נמצא כי תמונת הגשם A שהוא רחוק הרבה מן הזכוכית התקרב אל הזכוכית בהמצאו בעבר השני בתוך מרחק הציור ונתקטן בגדלו. לכן נוכל להביא לנו תועלת בזכוכית השורפת בחפצנו להביט על ציור איזה גשם הרחוק הרבה מאתנו כי בנפול הציור בתוך העין אז יראה הציור ברור היטב אך בתמונה מקֻטנת, והוא האופן המתנגד לכלי, מגדיל (מיקראסקאָפ). את

האופן הזה נוכל לראות ברור בהקריבנו את הזכוכית לעין ואז נביט על הדברים העומדים נכחנו, נראה כרגע כי כל הדברים, יֵראו לעינינו בתמונה מקטנת.

שינויי מצב הציור לפי שנות מקום הגשם המאיר.

כל שנויי מצב נקודת האוסף לפי מקום הנקודה המאירה שבארנו (IV, ז) נמצא גם בשנוי מצב הציור, יען כי הציור הוא אך קבוץ נקודות האוסף, ובהעתקן יתחיב כי גם הציור השלם יֻעתק ממקומו. ובזאת, בהעתקת הציור מן הגשם המאיר נמצא הבדל בין ציורי מראה מלוטשת ובין ציורי זכוכית השורפת, כי בסראה המלוטשת הלא מצאנו ראינו כי בשנותנו את מקום הגשם המאיר אז, או כי הציור יסע מול הגשם בעוד אשר גם הגשם יתקרב אל הציור בהלבם זה למול זה, או כי יתרחקו אחד מרעהו, בהרחיקנו את הגשם מעט לאחור מן הציור אז גם הציור יעתק מעט לאחור להתרחק עוד יותר מן הגשם; אולם בשנותנו מקום הגשם העומד נוכח זכוכית שורפת אז נראה ההיפך: הציור יתרחק מן הזכוכית בקרבנו את הגשם לה, ויתקרב אליו בהרחיקנו את הגשם המאיר מזכוכית השורפת, במלים קצרים נוכל להגביל את נטיות מהלכי הציורים לפי שנות מקום הגשם המאיר: הציור הנולד מחזרת האור יתנועע בתנועה מתנגדת לנטית תנועת הגשם המאיר (אם זה יתנועע לימין, יתנועע זה לשמאל), והציור הנולד משבירת האור יתנועע בנטיה שוה לנטית התנועה של הגשם המאיר, נראה נא את המקומות הקצובות בעד הציור לפי כל שנויי מצב גשם המאיר:

הגשם העומד רחוק הרבה מאתנו עד אשר (נוכל לאמר כי) קרני אורו תלכנה בתכונת מקבילות כמו קרני אור השמש, אשר בסבת רחקות מצב השמש מאתנו תלכנה קרני אורו בתכונת מקבילות, יצויר בנקודת האוסף של כל קרני האור, והיא הנקודה F. אם נקרב יותר את הגשם אל זכוכית השורפת, עד כי קרני אורו תפולנה על הזכוכית בנטיות שונות (כמו בציור 30) אז יתרחק הציור הלאה מן F. ואז יראה הציור במדה הקטנה מן גדל הגשם האמתי. משם, בהביאנו את הגשם בנקודה אשר מרחקה מן הזכוכית תשוה למרחק-המרכז הכפול, שבזה הקרבנוהו יותר אל הזכוכית נמצא כי גם הציור התרחק לעבר השני מן הזכוכית, ונמצא בנקודה אשר מרחקה מן הזכוכית שוה תהיה למרחק הגשם המאיר מן הזכוכית מעבר השני — בהיות באופן הזה שוה יהיה גם גדל הציור לגדל האמתי של הגשם המאיר. — אם נוסיף עוד להקריב את הגשם המאיר אל הזכוכית השורפת אז עוד נמצא כי קרני

האור לא תתאספנה שנית לנקודות האוסף להוליד איזה ציור, כי קרני האור התפזרנה זו מזו בלכתן הלאה מן זכוכית השורפת, ובעמוד הגשם המאיר בתוך הנקודה F אז נמצא לפי החשבון כי קרני האור היוצאות ממנו ותעבורנה דרך הזכוכית השורפת תשובנה ללכת בדרך, אשר קרן האור האחת מקבלת תהיה לקרן האור השניה, וככה תלכנה קרני האור בהתרחקות בלי הוליד איזה ציור של הגשם הנוכחי, אם נוסיף עוד לקרב את הגשם המאיר שימצא בין הנקודה F ובין פני זכוכית השורפת אז תתרחקנה האור הרבה מאוד, כל אחת תלך לה בדרך אחרת אשר לא תתאחדנה לעולם, לכן כמובן לא יוכל לעולם להוליד ציור הגשם המאיר, יען כי לא ימצאו נקודות האוסף של קרני האור; אולם העין תראה, בעמדה בהעבד אשר בו תבואנה קרני האור בצאתן מן הזכוכית השורפת, ציור מדומה, משולל הבלתי נמצא בפועל אך עין האדם תחשוב כי ימצא, הציור המדומה הזה יראה בהעבר הזה אשר שמה ימצא גם הגשם המאיר, גם יראה מרוחק יותר, וגדול הרבה מגודל הגשם המאיר, האופן הזה הוא יסוד המיקראסקאפ. ועוד נדבר ממנו בבוא מועד ונבאר ענינו ביתר ביאור.





י.

תועלת זכוכית השורפת משולשת היא.

כמו התועלת אשר נשיג מאת מראה עקומה משולשת היא בהולידה לעינינו ציורים שונים תוליד לתועלתנו חום גדול בנקודה קצובה וכל הקרב אליה יהיה לבער, גם תשיב את קרני האור בתכונה מקבלת להאיר לנו את הדרך יומם ולילה, כן נשיג כל הפעולות האלו גם מזכוכית השורפת ואך בזאת תבדלנה: את פעולות מראה העקומה נשיג בהעבר אשר משמה יצאו קרני האור בראשונה, אשר לא כן תפעל זכוכית השורפת כאשר כבר הזכרנו (IV, ח.) היא תפעל אך בהעבר השני נבאר נא את הדברים האלה אחד אחד:

ציורי זכוכית השורפת טובים המה מציורי המראה העקומה, לא באיכותם האמתי והטבעי (כי בזאת שוים המה שניהם) אך ביחס השגת האדם את קרני אור הציור. והוא: הציור הנולד מפעולת מראה העקומה, כאשר אמרנו, ימצא בין המראה והגשם המאיר, לכן בהביאנו איזה גשם במקום הציור להכירו היטב, או אם עין האדם תעמוד במקום ההוא אז יעמוד הגשם או ראש האדם לשטן בעד קרני האור, ובזאת יכהה ציור הגשם; אולם הציור הנולד מפעולת זכוכית השורפת תמצא גם אחרי הזכוכית ואז מבלי למעט את קרני האור כמובן נוכל להביא במקום הולדת הציור איזה גשם לקבל עליו את הציור בכל זיוו והדרו.

הנקודה F (ציור 29) אשר שמה התקבצו כל קרני אור השמש תקרא בשם נקודה שורפת (ברענפונקט, פאקוס), יען כי כמו קרני האור כן גם קרני החום תשברנה בהלכן דרך הזכוכית הזאת ותתאספנה בנקודה F, ואם נביא שמה איזה גשם אשר חשך משחור תארו או כל דבר קל השרפה יעלה כרגע בלהב אש. מדת כח השרפה של פעולת זכוכית השורפת תתערך לפי מדת קרני האור אשר תשברנה, אחרי נפלן על פני הזכוכית, להתקבץ בנקודת האוסף F. בטח ראה הקורא בעיניו זכוכית שורפת, ואת פעולותיה בשרפה את כל הגשם הבא בנבול נקודה השורפת, ובטח התפלא אם אוהב הוא להתחקות על חזיונות הטבע, במצאו כי הזכוכית השורפת קרה תהיה גם בעצם פעולותיה, והאם לא פלא הוא? הזכוכית תקרא זכוכית שורפת והיא קרה? אולם עתה הלא נבין כי לא הזכוכית תשרוף אך קוי אור וחום השמש המקובצים יחד בנקודה אחת המה ישרפו, והזכוכות אך קבץ תקבצם ולא מרוחה תאציל על הנקודה השורפת, אך מכונה היא בעד קוי אור וחום השמש אשר בעברם בה יוכשרו לבוא בקהל קרני האור בנקודה השורפת, לכן הלא, כאשר נבין גם מראש, גם מקרה נוכל להכין לנו מכונה כזאת אשר גם היא תנהל את כל קרני חום השמש בנקודה אחת אשר כל הקרב אליה ישרף, אכן נמצא גם בפועל: קרה-שורף הוכן מאת האאקע (1663), האם לא פלא הוא, מקור יצא חום ומקרת תצא אש?

כח השרפה של זכוכית השורפת לקחו האנשים לדעת בעזרתו את רגע הצהרים (VII, ה׳), גם חכמי החימיה לקחוהו להקטיר בעזרהו את הדברים הדורשים הקטר.

אך אז תפעל נקודה השורפת לשרוף את הגשם הקרב אליה אם תלכנה קרני האור, טרם השברן דרך הזכוכית, בתכונה מקבלת זו לזו כי אז תהיה נקודת האוסף בנקודה F, ואם נביא בנקודה השורפת F איזה מאיר, נר או צפית אז תצאנה קרני האור אשר תעבורנה דרך הזכוכית השורפת בתכונה מקבלת, ולא תתרחקנה אף כמלא השערה גם בהתרחקן הרבה מאד מזכוכית השורפת. גם האופן הזה יביא רב תועלת להאדם כי יוכל האדם להאיר לו את הדרך, ולולא התמעטות חזקת האור מעט מעט בסבת הבלעת האור באויר (אבזארפסיאן) כי אז כמדת חזקת האור בצאתו מזכוכית השורפת כן תהיה מדת חזקו גם אחרי התרחקו הרבה מאד מן הזכוכית. פשר הדבר הזה הוא כי קרני אור הנר או קרני אור הצפית החפשים תמעטנה בהתרחקן מנקודת יציאתן בערך מרובע כמובן (I, ד.); אולם קרני האור העוברות דרך הזכוכית בהאופן אשר הגשם המאיר יעמוד בתוך הנקודה F אז תכריחם הזכוכית בעזרת שבירת האור ללכת בתכונת מקבלת בלי התפזר אחת מרעותה. הזכוכית השורפת תוכל גם היות זכוכית מאירה. לנוסעי הים הביאה תועלת עצומה, כי הוכנו זכוביות מאירות כאלו

בכל המקומות אשר שמה ימצא סלע להזהיר את אנשי האניה לשמרה לבלי תנופץ לרסיסים.

קרן האור העוברה דרך זכוכית תתמעט מחזקה יען כי הזכוכית תבלע מעט אור, לכן הביאו עצה להקיף סביב המאיר זכוכיות קטנות אשר גם המה תנהלנה את קרני האור בתכונה מקבלת.

יא.

שבירת האור השונות לפי תמונות הגשם השובר.

הנה בארנו את השטחים הראשים בשברם את האור והמה השטח הישר (IV, ד.) ושטח העגול, (IV, ו.), אולם ישנה זכוכית אשר שטחה המגביל אותה שונה באופנים שונים, ישנן אשר מוגבלות תהינה בשני שטחים — שוה ועקום, גם שניהם עקומים אך לא יהיו שוים אחד לשני, ומלבד זה נוכל להפריד בין שני סוגי עקום, גבנוני, ושקערורי. נתחקה נא על מהלך האור בהזכוכיות השונות.

אם נביט דרך הזכוכית אשר בחלון על הבתים העומדים מנגד לחלון נחשוב למשפט צדק כי נראם במקומם האמתי, אבל משפט שוא הוא! העינים תתעינה אותנו וכל איש המאמין למראה עיניו יוכל להתעות בתוהו לא דרך; אולם מה נתפלא ע"ז אם לפעמים יוכל גם רוח מבינתנו אשר עליו נשען לאלפנו דבר ומשפט מעוקל. אם נדרוש לחוקי שבירת האור בעברו דרך הזכוכית אשר בחלון נמצא את שינוי מקום הגשם העומד נוכח החלון, והקורא אם אוהב נסיון הנהו יוכל לנסות את כל זאת בהביטו דרך נזרת זכוכית על איזה גשם אשר אך חציו האחר יראה בעד הזכוכית ועל הציו השני יביט בעינים חפשיות, אז יכיר כרגע את הגבהת חציו האחד מהשני, פשר הדבר הזה יאלפנו חק שבירת קרני האור, והוא: קרני אור הגשם בנפלן על הזכוכית בנטיה תשברנה מעט מדרכן הישרה אל קו האנך ובפגשם את שטח השני של הזכוכית תשברנה מן קו האנך, ומהלך קרן האור באויר טרם באה בזכוכית מקביל יהיה לדרך קרן האור בצאתה מן הזכוכית ללכת באויר, ומקום התארכות קרני האור יטעה לחשוב כי שמה ימצא הציור.—

הזכוכיות הגבנוניות שלשה הנה למיניהן ותוכרנה באמצעיתן העבה מהקצוות. האחת היא הגבנונית משני צדיה והיא אשר דברנו בה עד כה. גם הזכוכית הזאת תוכל להיות באופנים שונים, והוא: אם שני פני הזכוכית העגולות שוות הנה, לאמר: חצי אלכסוניהן שוות הנה, או אם

בלתי שוות תהיינה אשר זאת תוכל להיות באופנים שונים לאלפים. זכוכיות כאלו תקראנה בשם הגבנוניות-הכפולות. האופן השני הוא בהיות הזכוכית גבנונית מצדה האחת וישרה מצדה השני ושבירת האור בזכוכיות כאלו נמצא בהורידנו על הנקודה אשר בה יפול קרן האור על השטח הישר עמוד נצב או קו אנך אשר יעמוד ישר על השטח הישר; ועל נקודת הנפילה של קרן האור על פני הזכוכית הגבנונית נוריד קו אנך ממרכז העיגול הגבנוני. אם נקח זכוכית גבנונית כפולה ונבקענה לשנים דרך הקצוות אז ישארו בידינו שתי זכוכיות שורפות מהאופן הזה. זכוכיות כאלו תקראנה בשם גבנונית-ישרות. האופן השלישי בהיות הזכוכית גבנונית מצדה האחת ושקערורית מצדה השני, והוא בהיות חצי אלכסון עיגול השקערורי. תבנית זכוכית כזאת היא כמו תבנית הירח בראשית החדש. הזכוכית הזאת מצדה הגבנוני תפעל כמו זכוכית גבנונית לקבץ קרני האור ומצדה השקערורי תפעל כמו זכוכית שקערורית לפזר קרני האור הנה והנה. הזכוכית הזאת תקרא גבנונית השקערורית.



V

מבנה העין.

א.

הקסם ורוח החן אשר הוצק על העינים.

העין הוא ראש ובחיר אברי האדם, היא עטרת האדם וכלי חמדתו, והיא תעלינו למרום פסגת השכלתנו. הנה כל חכמי העמים ללשונותיהם חלקו את חושי האדם לחמש מחלקות, ולהעין לא השאירו אך חמישית הרגשת האדם; אולם אם נחזור להתבונן על חושי האדם נמצא כי גם לולא יתנו להאדם ארבעה חושים הנותרים כי אז גם בעזרת חוש הראות בלבד הכיר את התבל וידע את פעולות הטבע, והחושים הנותרים אשר נתנו לו המה אך עוזרים לחוש הראות להועלת חייו. בדברים קצרים ונמרצים נוכל להגביל את

שנוי חוש הראות מהחושים הנותרים: חוש הראות נתן להאדם למען הכיר את התבל לתועלת השכלתו ולכן מעטים המה הדברים אשר לא תחושם העין, שהמה הדברים אשר להשכלתו הרגילית (כי להשכלתו הגבוהה נתן להאדם הנסיון והשכל) לא יביאו כל תועלת; אולם ארבעה החושים הנותרים נתנו להאדם לתועלת חייו למען ישמר נפשו לבלי יגע ויאכל את הדברים המזיקים לבריאותו, לכן מעטים המה הדברים אשר יחושם האדם בעזרת חושיו הנותרים. הלא נראה כי גבוה ערך חוש הראות על ערך החושים הנותרים כגובה ערך האיש הלמוד אשר ברוח שכלו יעזור להתפתחות השכלת רוח האדם על ערך האכר אשר בכח שריריו יפתח רגבי אדמתו להביא תועלת להתפתחות ההשכלה הגופנית של האדם. לכן העין היא חבל הזהב המרתק את האדם להתבל, היא אך היא תועיל להתפתחות רוח האדם בהידיעות השונות, ונוכל לאמר כי היא המעבר אשר בו יעבור האדם מעולם הרוחני להגופני.

העין היא המעבר אשר בו יעבור האדם מעולם הרוחני להגופני. ולכן נעלה היא העין על כל אברי האדם. כל רגשות הרוח ישאירו עקבותיהן על העינים לכן הנקל להכיר לפי העינים את רגשות רוח האדם ומה ירחש לבו: אם גלי השמחה יתרוצצו בקרב רוחו, רגשות דאגה אם יקחו עמדתם בקרב לבבו, לבו אם יחם בקרבו או גם אם איזה רעיון נפלא וחדש לקח את רוחו ונפשו אז כרגע נקרא מעל תנועות העינים את כל אשר יהגה רוחו. בכלל: לפי תנודות העינים יוכר גבר, לפעמים גם לפי הבטת העינים לבד יוכר רוח האיש ורגשות לבבו, ומאד צדקו הגברים בשפטם על יפי ורוח הבתולות לפי תואר תנודות ומבטי עיניהן, העינים הנה מרכז היופי רגשות הנפש והמית הרוח, קסם על העינים! מבט חד-ששוני וענוגי המלא לו רגש חיים — אשר תביט עלמה יפיפיה על גבר ההולך לתומו בלב מלא רגשות תוכל בזאת להצית בקרבו אש תמיד אשר תוקד בלבבו ולא תכבה, גם האיש אמיץ הלב בגבורים המס ימס כמים ממבט כזה אשר יצית בקרבו אש האהבה ולבו בקרבו לא ישקוט ולא ינוח מרעיונות אהבה מורשי לבבו, ומי הסב לו כל אלה? אך מבט עין! מבט עין המלא אהבה על כל גרותיו מבט עין הגולה מצפונות הרזה ועשתנות לבב. הרגש החי, הקסם המרחף על העינים הוא רגש ענוג ורך, רוח אלהים הוא השפוך עליהן והוא הרוח המושל על האדם. במבט עין יוכל איש לעורר רגשות חמלה וחנינה עליו בלבב כל רואיו, במבט עין יוכל איש לעורר פחד ואימה בלב שנאו המתגבר עליו ובמבט עין לבד יוכל איש לעורר רגשות עדינות בלבב רעהו המדבר עמו. ומה אשמים המה האנשים הדוברים עלי העין רעה! כי „עין רעה" תפיץ זיקי מחלה סביבותיה —! אוילים המה וכסילים הדוברים עליה סרה, לא יבינו אל טהרת זהר מבטי העינים ולא יבינו מאומה כי אך רגש קדוש צפון בתוכן.

מבטי העינים טהורים המה משמץ דופי, ועל שאלת הקורא, בהתעוררו מפעולות הנשגבות של ראות העין. במה כחה גדול ככה ומה חמרה וגופה אשר ככה תפליא לעשות? במאמרנו זה בפרקים הבאים נבאר לו את בנין העין יריעותיה, נוזליה וגידיה אשר ישתרגו בקרבה, הוא החלק הגופני של העין ואת פעולותיה הכבירות החלק הרוחני של העין נשאיר לחוקרי חכמת הרוח (פסיכאלאגיע) ולחוזי חזיונות, ידברו ויבארו המה את הפעולות הנשגבות ההנה.—

ב.

שומרי ומגיני העינים.

העין בכללו מורכב מעורות שונים קשים ורכים, מנוזלים ומבדולחים מוצקים ורכים, כל החמרים האלו עוטפו במעטפה אחת ויהיו בדמות כדור עגול. והכדור הזה יקרא בבת, בת או תפוח העין. מהכדור הזה לא יראה אך מעט והיא החלק הנראה בעד העפעפים. העפעפים הושמו להגן בעד העין לגדור בעד אבק, עשן, אד בלתי טהור ואור חזק לבלי יתפרצו לבוא בהעין; אולם לא נוכל לאמר כי הושמו לעצור בעד כל האור לבלי יבוא בהעין לעת הדרוש, כי הלא נראה אשר בעמדנו נוכח החלון אז נחוש מעט אור בהיר ואדום, וכאשר נעביר את ידינו בין החלון והעינים אז נחוש כי עצרנו בעד האור וגם אור המעט אשר ראינו עד כה נעלם מאתנו ואך חשכת עלטה תסב אותנו, גם זאת אם ינסה איש להאיר את חשכת הלילה בחדר אשר שמה יישן איזה איש אז יתעורר מתרדמתו, כי האור המעט החודר פתאום דרך העפעפים יכה בכחו על חוש הראות ויקיצוהו משנתו. העפעפים האלו — שומרי העינים — עליונים ותחתונים המה, העליונים יכסו שני חלקי העין הנראה, ובקבל העין אור חצוני אז יגבהו המה הרבה, והעפעפים התחתונים יכסו אך שליש אחד והמה לא יתנועעו כמעט בהפתח ובהסגר העינים, חומר העפעפים הוא תנוכי המעוטף מעור מקשה, ומיתרי בשר אחדים יגביהום ויורידום ברצון האדם וגם שלא ברצונו כאשר נראה כי לרגעים ירדו העפעפים העליונים. תועלת הורדת העפעפים גדולה היא כאשר נבאר: בקצה העינים ימצא מקוה הדמעות אשר יריק מקרבו בד קטן (דריזע). הדמעות האלה תקבצנה מתחת לעור העפעפים העליונים ובירידתם למטה ירטבו ויכבסו את פני העין למשעי, ויורידו את האבק או את האד הבלתי טהור למטה אל זוית העין ומשם נפל יפול החוצה; לכן נרגיש כי בנפול איזה אבק או גרגיר בתוך העין אז דמוע תדמע העין עד כי יורד הגרגיר למטה והדמעות יאספו אספה בתוך צנורים וירדו בתוך האף.

העין הושמה בהחלל המוגבל סביב מעצמות, מלמעלה ימצא עצם המצח, מצדן הושם עצם האף ומתחתן עצם הלחי העליון, ובינותיהן ימצא בבת העין, אשר ממול פניו יתקשר עם העפעפים ומלאחריו, מבפנים יתאחד עם המוח, כאשר עוד נבאר. דדים קטנים (דריזען) רבים ימצאו בחלל העין המוריקים מעליהם שמן. מתחת בבת העין רפד שמן הרבה אשר אם מחלה תעבור על האדם ויזון אז מהחלב המוכן אצלו אז יורגש חסרון החלב הזה, בהראות כי העין נפלה בתוך החלל, כמו שנראה גם זאת בהאנשים אשר אשר הגיעו לימי זקנה, ובהיות האדם בריא אולם אז יושבת העין על מלאת כי שמן וחלב הרבה יקיפו אותה וימלאו כל הקמטים השונים אשר ימצאו מסביב להעין.

העפעפים מבפנים עוטפו בעור שמנוני ולח אשר יתאחד עם תפוח העין עצמו והעור הזה יקרא בשם עור-מאחד (בינדע האוט) כי יאחז את העפעפים והעינים לאחד.

נלך עתה להתחקות על חמרי העינים עצמן.



ג.

חמר העין פנימה.

העור הכללי והחצוני אשר יסוב את העין מסביב יקרא בשם עור-הלבן (וועייסעהאַוט), העור הזה פתוח הוא מאחריו לצד המוח ומלפניו לעבר פני האור. והוא לבן מוצק ובלתי שקוף ולא יתן לעבור את קרני האור אך לעבר פני העין אשר שמה פתוחה היא. נראה את עור-הקרני (האָרנהאַוט) בולט ויוצא מהעור הלבן. העור הזה דק הוא, שקוף מאד ומוצק. קרני האור אשר תעבורנה לתוך העין דרך העפעפים בהיותם פתוחים תעבורנה דרך העור הזה פנימה בתוך העין עצמה אחרי העור הקרני יעמוד עור קטן עור-הקשתי או הצבעי (רעגענבאגענהאַוט, אירים), העור הזה יראה אצל כל איש ואיש דרך עור הקרני, כמו דרך זכוכית מורה-שעות, והראה כמו טבעת צבועה, בצבע תכלת, ירוק (גרו"ן), שחור-אדום (בראון) או מכלהם יחד, האור הזה הוא הסתעפות מהעור הנקרא עור-הגידי (אַדערהאַוט) השוכן מסביב להעין, ומלא בצבע שחור למול פני העין לבלוע את האור המפוזר, עור הצבעי הנזכר בלתי שקוף הנהו ולא יתן את האור לעבור בו, אך במרכזו פתוח הוא ובעד הפתח (הנקב) הזה יעבור האור, אשר עבר דרך העור הקרני, הלאה בתוך העין, הנקב הזה הנמצא בתוך

עור הצבעי עגול הנהו ויראה היטב בצבעו השחור מאד, ונקרא בשם אישון בת עין (אוגענשטערן, פופיליע). —

חלל העין יחלק על ידי עור הצבעי לשני חדרים לחצוני ופנימי. החדר החצוני הוא הפנוי למקום ביאת קרני האור והוא קטן מהחדר הפנימי, ורביבי טל צחים ובלתי צבועים ימלאו את כל חלל החדר החצון גם את נקב האישון ימלאו, החדר השני, הפנימי והגדול הוא לצד המוח, ובתוכו ימצא גשם השובר הרבה את האור ויקרא בפי חכמי הנתוח. בשם עדשה בדולחית (קרוסטאלללינזע), והוא גשם שקוף מאד, אשר יעביר את האור הלאה בלי שינוי אך יטנו מדרכו הישר :

עדשה הבדולחית גבנונית-כפולה (IV), יא.) היא ועוביה לא תשוה בכלה, כי תלך הלך והתעבה פנימה, וכמו שטחים עקומים או כמו עלים יכסו זה את זה וזה על זה והמה צחים, בהירום ושקופים מאד, ומהמה תבנה העדשה הבדולחית בדמות גבנונית, אשר צדה שגבנוניתה מעט פנוי הוא לצד האור. מלבד העדשה הזכוכית ימצא עוד חמר שני בתוך חלל החדר הפנימי, והוא מימי צח ושקוף מאד כמו העדשה הזכוכית, אך בזאת יבדלו: העדשה מוצקת היא והגשם הנזכר עתה ספירי הוא. הגשם הזה שוכן אחורי העדשה וממלא את החלל התחתון של החדר הפנימי; הגשם הספירי הזה יקרא בשם חמר-גשם-זכוכית (גלאסקערפער) על כי צלול הוא מאד, גשם הזכוכית הזה יסגור בתוך עור צח, בהיר וספירי מאד אשר מלפניו יחובר עם עור העדשה הבדולחית, והעור הזה יקרא בשם עור-הזכוכית (גלאסהאוט). אחרי עור הזכוכית קרוב יותר אל המוח ימצא על הקיר הפנימי של העין עוד עור אחד הנפלא מאד בבנינו, בתבניתו ובאיכותו, אשר עוד נבארו בפרק הבא.

כל הנוזלים, המוצקים והעורות האלו הנזכרים פה ישיגו תמונת כדור ותפוח בהסגרם בתוך העור הלבן, יען כי יודחקו שוה מכל צדיהם.

ד.

ציור העין ואיכותה לפי חדר האפל:

הן ידע הקורא את בנין העין בפנימיותה וידע את הדברים הנמצאים בהעין שעל ידיהם תחזה; אולם מה דמות יערך לה, ומה ישוה לפי בבנינה? הקורא המשכיל אשר עוד יזכור את מעשי חדר האפל יוכל להוכח בנקל כי העין בבנינה היא חדר-אפל טבעי עשוי בידי הטבע —

ושים נא הקורא את מעשי חדר האפל (II, ו) לנגד עיניו:

הן העין בכללה מסוגרה היא מכל צדיה כמו חדר האפל אשר אך נקודה אחת תמצא פתוחה, היא האישון, אשר דרך הנקב הזה יחדור האור ויעבור דרך העדשה הבדולחית וגשם הזכוכית להשבר ולהוליד ציור הגשם העומד נוכח האישון, כמו שיצויר הגשם העומד נוכח הקנה המושם בחדר האפל, אשר בעבור האור דרך זכוכית השורפת ישבר להוליד ציור בהיר וצח על הלוח המקבל האור העומד בתוך מרחק הציור. העין מצופה מבפנים בצבע שחור הבולע (אבזארבירט) את קרני האור הצדדים כמו שנצפה את קירות חדר האפל בניר שחור או במעטפה שחורה, האם לא צדקנו במשפטנו כי העין חדר אפל טבעי היא? האם לא נמצא דמות וערך העין בחדר האפל? ואם נפלא בעינינו חדר האפל ושבע ביום נהלל את ממציאו פ אָ ר ט אַ, הלא נפלאה שבעתים העין כאשר יראה עוד הקורא יוכח כי אך בערך פעולותיהם שוים המה אך בבניניהם הנפלאים נעלה היא העין מאה פעמים על חדר האפל. ולמען תת להקורא מושג נאמן, ברור ואמתי מבני העין נבאר לו את כל הדברים אשר אמרנו (A, ג.) שנית בעזרת ציור.

בציור 31 נראה תמונת העין: חלקיה הפנימים והחיצונים ועוריה מסביב. ff הוא המאחר את העין עם העפעפים; p הוא עור הקרני הצלול המעביר בעדו את קרני האור של הגשם המאיר c הוא עור הלבן הבלתי שקוף; n הוא העור הגידי; n'n' הוא העור הקשתי והצבעי אשר בתוכו ובאמצעיתו ימצא האישון e אשר יעביר בעדו את קרני האור של הגשם המאיר, O הוא מקום חדר העין הפנימי, קרני האור בבואן בתוך חדר העין הפנימי יפגשו את I העדשה הבדולחית, אשר הוא תשבר בעזרת הגשם הזכוכי A המעוטף במעטפה הזכוכיות pp. אלה המה היסודות הראשים של העין, *) אך בכל אלה לא, יתעורר כל רגש ראות בלעדי a, שהוא ע צ ב ה ר א ו ת היוצא מן המוח ויבוא לתוך העין, ובבואו בתוך הלל העין יתפשט ויתפזר על הקיר הפנימי של העין ויכסה אותה כמין עור והעור הזה יקרא בשם ע ו ר ה ר ש ת (נעטץ האַוט), יען כי סבוך ומסובך היטב הנהו בשריגים דקים מאד כמעשה רשת, ולכן יקרא בשם עור הרשת, והאור הזה הוא המקבל עליו את הציור, והוא כמו הדף המקבל עליו את האור בחדר האפל, את הציור המצויר על עור הרשת יביא עצב הראות (a) אל המוח, מקום השכל וכח השופט את איכות הציור לדעת צבעו, מדתו, תמונתו ותבניתו, אשר על פיהם יבדיל בין דבר לדבר.

עור הרשת בנוי מעצבים דקים מאד, שתוארם כמו בדים ושבטים קטנים (שטאַבכען) אשר יסתעפו מעצב הראות. הבדים האלה יסתבכו בנקודה אחת בעור הרשת ותקרא ה כ ת ם ה צ ה ו ב, וילכו הלוך והתמעט

*) העין לכל פרטיה וחקותיה. בנינה מערכי עצביה וגידיה וכו' אבאר בחלק אחר מספרנו זה. כי אין פה מקום לחכמת הנתוח.

בהתרחקם מנקודת הסתעפם, עד כי יתמו ואינם.

ה.

ציור עור הרשת.

הנה כבר הראינו לדעת כי העין וחדר האפל נשתוו ומובן כי גם פעולותיהם שוות הנה לכל פרטיהן, וכמו שציור הנולד בחדר האפל הפוך הנהו כמו כן הוא בציור הנולד בתוך העין, עתה תולד לנו שאלה חדשה: אם כל הציורים הנולדים בתוך העין הפוכים הם. איככה נראה אותם ישרים? ובכן עלינו לבאר גם את פתרון השאלה הזאת. כאשר כבר בארנו שקרני האור של גשם המאיר תבואנה אל העין ותפולנה על עור הרשת ומשם תבואנה עד המח הלא נבין מזה, כי ישפוט רק על קוי האור שבאו כבר על עור הרשת ולא על הגשם עצמו, ובכל זאת נחשוב כי נראה את אשר מחוצה לנו ולא את המצויר בפנימיות העין (ידוע נדע כי יקשה על הקורא התם להאמין בדברינו אלה, כי ההרגל יתענו להאמין על ראות המח פנימה, לאמר עליו כי ימצא מחוצה לנו,) ע"כ נחזק דברינו במופת חותך ובנסיון, נקח לנו עין שור או כשב אשר זה עתה לקחה ממקומה נפריד מאתה את החלב, השומן והגידים הסובבים את עור הרשת נגד האישון אז נוכל לראות דרך הקיר החצוני את ציור הגשם הנוכחי, הנולד פנימה על עור הרשת, ואם יוכל הקורא להשיג עין שפן-לבן אז הנקל לו לראות אחורי עור הרשת דרך העור השקוף וההפשי מצבעים את הציור הנולד על עור הרשת. (את הנסיון הזה כבר העריך החכם ש ע י נ ע ר) (1625) ונוכל להרחיק את הגידים והעודות של עור הרשת ובמקומם נביא גשם שקוף כמו זכוכית, ואז נוכל לראות ברור את ציור עור הרשת, ועתה אם לא פלא הוא: המח ישפוט רק על הציור הנולד בתוך עור הרשת, והוא הפוך, ובכל זאת כל מוחש בישרו תחזינה עינינו! ובאמת פלא גדול הנהו! כבר נסו להסיר ולמצא את הפלא באור ברור, כאשר אמר (1575) החכם מאוראָליקוס: קוי האור הנשברות על ידי העדשה הבדולדית תפולנה על עצב הראות ט ר ם התאחדן, לאמר; עצב הראות לא יעמוד בתוך נקודת הציור אך ל פ נ י ו שבזה יראה הגשם ישר כטבעו, אולם החכם ק ע פ ל ע ר אחרת אמר (1602): אמנם כן הוא הציור יפול על עצב הראות בתכונה הפוכה, אך הנפש שאליה יובא הציור למשפט תשפוט את תואר הגוף לפי נטית קוי האור. אותן הנופלות למעלה בציור עור הרשת, תחוש לפי נטיות בואן, היותן למטה, והבאות למטה תחוש, לפי נטית מהלכן, למעלה, לאמר. כח המרגיש ישפוט את תבנית ה צ י ו ר אך לא יתפעל מן נפילת קוי האור, רק יערכן לפי סדר ומשטר בואן ולפי נטית מהלכן, וכח דמיוננו יעמיד לפנינו ישר את המוחש.

מכל דברינו אלה נבין כי אין נכונה בפי ההמון אשר יאמרו כי העין

עצמה רואה, כי לא כן הוא! ואך כסיל לא-יבין ישפוט דבר כזה אשר בשקר יסודתו. העין בעצמה היא אך אמצעי, אשר על ידה יראה המוח את אשר חוצה לו והלאה, או כאשר ימשילו החכמים: „העין היא חלון המוח אשר בעדו יביט החוצה". העין בטבעה, כאשר אמרנו היא רק דבר חמרי, אשר אין בכחה לראות מאומה. ואלה אשר יקשו ערפם לבלי האמין בדברינו ולא יחפצו להסיר את סגלת העין, הראות, ולתתה להמוח אשר גם מלבד זה כבודו גדול בעיניהם ינסו נא המה לכרות את עצב הראות המקשר את עין איזה חי עם המח, אז יוכחו כי החי לא יראה מאומה אף כי עוד עיניו אתו, ואף כי ציור הגשם העומד נוכח האישון יצויר על עור הרשת, וכל זאת יען כי כרת המעבר אשר יאחד את העין עם המוח.—

ו.

התדמה חדר האפל להעין?

הן לא אחת אמרנו כי העין בכל פעולותיה שוה היא לחדר האופל, אי יותר אמת אם נגיד כי חדר האפל תדמה להעין האם לא הפלא ופלא היא —יאמר הקורא— כי ילוד אשה יעצור כח לעשות כמעשה יוצר בראשית!

אבל אל נא תתבהל ואל יפול לבך עליך קורא יקר! כי אם אמנם הגדיל האדם לעשות מכונה אשר תדמה למבנה העין; אולם עוד רב ההבדל ביניהן בפרטים רבים ושונים, ובראש כל, נראה את מעלת העין כי גדלה על חדר האפל בהתערכות האישון לפי מדת האור, והוא כי האישון לפעמים יתקטן ולפעמים יתגדל ממדתו התמידית, מדת ההתערכות תהיה לפי מדת האור אשר ממנו תואר העין. אם רב וחזק יהיה האור יתקטן האישון, למעט את מכסת קרני האור, לבל תפרוצנה, במדה יתרה על הערך הדרוש, מבוא בהעין, ויתגדל בהיות ערך האור מעט וכהה, למען הרבות את מספר קרני האור הבאים עלי עור הרשת שלא יולד ציור כהה, אצל האנשים היושבים בבית הכלא, אשר אור השמש לא יהל שמה יהיה אצלם האישון בתכלית גדלו. אישון האנשים המביטים עלי אור חזק מאד כמו אור השמש או העלעקטרי יתקטן בתכלית קטנו. בצאת אדם מחדר חשוך ואפל למקום אור בהיר וגדול או בבואו לחדר אפל אחרי צאתו מחדר מואר אז ישנה האישון את גדלו: באופן הראשון, כמובן, יתקטן ובאופן השני יתגדל, ובעזרת נסיון קל נוכל לראות את אמיתות הדברים האלה: נקח לנו נר מאיר ונעמידנו בחדר הנסיון, אשר חשוך יהיה. בינינו ובין הנר נביא איזה לוח או גשם אשר לא יתן מעבר לקרני האור לבוא אל העין, ואשר נמוש אותו

ממקומו לרגעים ונביאו שנית למקומו הראשון, ואז נראה במראה זכוכית שנעמוד נוכח פנינו כי האישון יתגדל בעמוד הלוח לשטן בעד האור לבלי יגיע בהעין, ויתקטן ברגיע בהגיע בהעין אור הנר. אך באותו רגע (עת התערכות האישון) לא יראה האיש מאומה, לא יחוש ולא ידע את הדברים הסובבים אותו ע"כ טוב להאדם לשמור את עיניו לבלי יצא בפתע פתאום מחדר חשוך לחדר מואר או להיפך, כי סכנה תרחף על עיניו ויוכל להכותם בסנורים בזה. אך זאת יעשה: יתרגל מעט מעט בהאור, אם עליו לבוא למקום אור או יעשה ההיפך אם רצונו לבוא למקום אשר חשך ישופנו, ולא בפתע פתאום יבא (כאשר נשמע גם מפי חוקרי הטבע —) ובני האדם יושבי חשך וצלמות אסירי עני וברזל, אשר פתאום יצאו לחירות ממוסרותיהם, המה ראו את מכת התפשטות העין בעצם תקפה, כי כשבתם תמיד במקום חשוך היה האישון קטן אצלם מאד ובצאתם פתאום החוצה ילקו במכת חשך, ואך בזאת יוכלו להנצל ממנה בהתרגלם מעט מעט בהאור הגדול אשר בחוץ. כמוהם כל איש אשר לאטו יתנהל בצאתו ממקום אפל אז תתקמץ העין מעט מעט וכחה וגבורתה תהיה אתה לעמוד אח"כ גם נגד אור חזק מאד מבלי להסב לה נזק.

הסבה הגורמת להתקמצות ולהתרחבות האישון לא נקל הוא להבין, אך כאשר החלטו חכמי הנתוח ימשכו העצבים הסובבים סביב נקב עור הצבע, (האישון) מאור גדול אשר בזה יקטן האישון ולהיפך בהיות האופן ההפוך מזה. את האמת לא נכחד כי עוד לא נודע דבר אמת אודות התערכות האישון, ואך כל תקותנו, שבימים הבאים יורם המסך ונדע שרש הדבר. אולם את זאת נדע לדבר ברור כי מאתנו יבצר לערוך כזאת בחדר האפל גם אם ידענו כי לתועלת תהיה לנו.

ז.

נפלאות האישון ועור הרשת.

נפלאה היא מאד. התערכות האישון לפי המדה הדרושה לערך האור ובדברים קצרים נוכל לתת להקורא מושג נאמן מנפלאות התערכות האישון: אור הירח במלואו הוא קטן מאור השמש החזק עד כדי 620000 ובכל זאת יתעינו האישון להאמין בהתערכותו, כי לא תמעט הרבה חזקת אור הירח מאור השמש, עד אשר חוזי חזיונות הביעו אומר כי נתפעלו מאור הירח במלואו המאיר באורו השוה לאור השמש". ולולא מצאו החכמים חוקרי הטבע את המספר האמור המקטין אור הירח מאור השמש עד כדי רבוא

רבבות פעמים כי אז יכלנו להאמין לדבריהם באשמת האישון המשוה קטן לגדול. עוד יותר נתפעל בהביטנו על אישון בעלי חיים שונים. הנשר יוכל להביט גם עלי אור השמש בעצם תקפו כהקטינו הרבה את האישון שלו ולא יזיק לו האור הגדול. לעומתו נראה שישנן צפרים אשר אור השמש תכהה את עיניהן ולנוגה היום לא תראינה ותסתתרנה אז תחת הצללים ויומן-הלילה. אם נתבונן על עיני החתול יומם נמצא כי האישון אצלה אך כמו קו ארוך היורד ישר כאנך, וכאשר יבוא השמש וצללי הערב ינטו, אז יתעגל האישון מעט מעט עד כי תדמה כמעט לעיגול שלם. כמוה כן גם כל חיתו טרף היוצאות לבקש אכלן בבוא לילה, יתרחב אישונן מאד למען תראינה יותר משאר חיתי ארץ. ובזה נמצא פשר דבר על שאלת השתנות האישון בבעלי חיים שונים, כי לפי מצב חיי החי כן ישונה האישון אצלו, ובזה נראה את מעשי הטבע אשר תדאג תמיד לבריותיה אשר קצבה לתת להן אכלן בעת לילה.—

כן נמצא כי נוכל באופנים מלאכותים להאדיך ולהקטין את האישון. הסם בעלאדאנא ירחיב את האישון, כמוהו גם אטראפין אשר יוציאו ממנו תועלת במחלות העין. הסם הנקרא גיפטלא טטיך יקטין את האישון, חוקרי טבע העין יביאו את הסם הפועל בזוית העין ובעזרת תנודות עור המקשר יתפזר על העין והאישון מתקטן.

אם נפלא האישון בעינינו בהתערכו כפעם בפעם לפי מדת האור המגיע להעין הלא נפלא שבעתים עור הרשת, כאשר עוד נחזה: המקום אשר בו יבוא עצב הראות בהעין שם לא תראה העין מאומה, לאמר: המקום ההוא עור הוא ולא יתרגש מהאור הנופל עליו. ואם יקשה על הקורא להאמין בדברינו ינסה נא הפעם להקריב את הספר הזה קרוב לעיניו ויביט, בהסגירו את עינו הימינית, על הכדור הקטן g בעינו הפקוחה השמאלית, אז ימצא כי לא את הכדור g לבד יראה אך גם את הכדורים השנים a, b, אך לא בהירים כמו הכדור g. (פשר סבת ראות גם הנקודות אשר לא עליהן נביט נבאר אחרי כן, ועתה לקראת הנסיון הלז מועדות פנינו). עתה ינסה הקורא להרחיק מעט מעט את הספר מעיניו בהביטו על g בעינו השמאלית ובהתבוננו גם מעט על b עם a הנראים מעצמם אליו מבלי הבט עליהן,


a


b


g

מנסיון הלז יוכח הקורא כי בעמוד הספר במרחק קצוב מן העין אז תעלם הנקודה b ולא יראינה בהביטו על g, ואחרי כן תעלם גם הנקודה a אחרי הרחיקו עוד יותר את הספר מעיניו. גם זאת ימצא כי אך בעמוד הספר במקום הקצוב אז תעלם הנקודה b או a מהעין המבטת; אולם אם יעמוד

הספר לפני המקום ההוא או מאחריו אז תראה שנית *). אם יוכל החזיון הלזה לעורר את רגשות הקורא העורך הנסיון להביאו ברגש ההתפעלות לא נדע אחרי כי רוב האנשים בכלל יביטו בעינים קרות על חזיונות הטבע ובכל זאת לא נחכה עד שאלם אותנו לבאר החזיון הזה, והוא: הנקודה b תעלם מעינינו בנפול ציורה עלי המקום הבלתי מרגיש בהעין בעוד אשר הנקודה a עוד תראה בנפול ציורה לפני המקום העור שבעין; אולם כל אשר נוסיף להרחיק את הנקודה a מהעין כן תתקרב ציור הנקודה a למקום העור עדי יפול עליו ואז יעלם. מקום העור של העין יקרא בשם כ ת ם ה ע ו ר אשר בהעין. ונדע בעזרת הנסיון הזה כי המצא ימצא כתם עור בתוך העין; ומדוע לא יחוש המקום הזה, מדוע עור הנהו? פלא גדול הוא! המקום אשר לפי משפט האדם בהשקפתו הראשונה ישפוט כי הוא ירגיש יותר את ציור הגשם אפל הנהו! —

חוקרי הטבע השתאו מאד עלי החזיון הזה, וכדי למצוא פשר דבר אמר מאריאט (הוא החכם מאריאט אשר המציא לראשונה (1668) את מקום הכתם העור) כי אך עור הגידי (V, ג.) יקבל רושם הציור ואך הוא ירגיש אור. והנקודה אשר בה מבוא עצב הראות בהעין עורית היא יען כי שמה לא ימצא עור הגידי; אולם את זאת לא נקבל יען נבין כי אך עור הרשת הוא הוא המרגיש האור. אך לא נבין — אחרי כי עור הרשת הוא המרגיש העור מדוע חשוך יהיה המקום אשר נקראנו כתם עור הלא שמה עור הרשת בתכלית עובו! — ואת אשר גמרו חכמי הטבע אומר כי מסבת רבות עור הרשת שמה לא תקבל אור לא יובן לאיש אשר לא ילך אחרי רוח מתעה. אולם בימינו אלה נודע דבר אמת: לפי ט ר ע ו ו י ר א נ ו ס (1835) ו מ י ל ל ע ר (1855) לא כל עור הרשת ירגיש אור אך קץ הגידים המסובכים אשר הוא נארג מהם, ה ב ד י ם ו ה ש ב ט י ם (V, ד.) אשר לפי ז א מ מ ע ר י נ ג (1791) יהיה הכתם הצהוב (V, ד.) המקום אשר שם תהיה הסתבכות הבדים האלו בתכלית גדלם, ולכן יהיה הכתם הזה המקום היותר מרגיש אור, ולעומתו הכתם העור הריק מכל בדים ושבטים עור יהיה, כמובן לכל קורא משכיל.



*) החזיון הנפלא הזה יראה גם בהעבירנו את הנקודות קרוב אל העין ימין ושמאל לאט לאט. (הערת המלבה"ד)

ח.

חוג הראיה.

העינים עת פקוחות הנה תראינה גשם אחד, גשם מרכזי בהיר וצח מאד וסביב לו תראינה חמרים אחרים ושונים, אך לא במדת הבהירות של הגשם המרכזי, כל גשם אשר ירחק מן הגשם המרכזי יראה יותר כהה, עד כי ימצא מקום ששם גבול הראות, אשר החמרים הנמצאים מעבר לגבול לא גלו להעין בסבת כהותם הרבה. הגבול הזה יסיב סביב הגשם המרכזי ויקרא חוג-ראיה (זעה קרעיז), והוא כל השטח המוגבל בתוך הגבול הנזכר. הגשם, אשר קראוהו מרכזי ואשר אך הוא יגלה להעין בתכלית הבהירות ישלח קרני אור אשר, לפי שבירתם בעברם דרך נוזלי העין, יולידו ציור הגשם ההוא על הכתם הצהוב שהוא כפי שאמרנו בתכלית הרגשת האור ולכן יראה הגשם הזה בהיר וברור מאד. החמרים הסובבים את הגשם המרכזי העומדים בצדו יציורו על עור הרשת אך קרוב אל הכתם הצהוב ולא עליו ולכן בהירותם תכהה מעט. החמרים העומדים עוד יותר רחוק מן הכתם הצהוב יצוירו בנקודה הרחוקה הרבה מן הכתם הצהוב, אשר שמה תמעט מכסת הבדים והשבטים מרגישי האור; ולכן מלבד מיעוט קרני האור הבאים בהעין מהגשם ההוא עוד לא יורגשו היטב, ויראו כהים מאד. ברבות מרחק איזה גשם מן הגשם המרכזי כן תרבה כהות ציורו עד כי ברבות המרחק הרבה יכהה מאד עד כי לא יוכר כמעט, ואז נאמר כי עומד הוא על הגבול. אם נסוב עינינו מול הגבול, אז גשם אחר יקח מקום המרכז; גבול חוג הראיה ישנה עמדתו, וחוג ראיה אחר יולד. לפעמים יקצר חוג הראות מסבת איזה מחלהאשר תעבור עלי העין ויש לפעמים אשר החולה לא יראה כמעט אך את הגשם המרכזי ומעט מהחמרים הסובבים אותו, וכמו בעד קנה השקיף.

את חוג הראיה נדמה בנפשנו כי מורכב הנהו ממרכז, אשר סביבו עד גבול הראיה נמשכים זה על וסביב זה עיגולים רבים ומרכז משותף לכלהם יחד והוא הגשם המרכזי. בהירות העיגולים הסובבים זה את זה תתקטן בהתרחקם ממרכזם אל המקיף האחרון והוא גבול חוג הראיה. הגשם המרכזי אשר כפי שאמרנו, יצויר עלי הכתם הצהוב הוא הגשם אשר נאמר כי עליו נביט (פיקסירט) ואליו שלחנו חצי מבטנו, היא הראיה הישרה. הראיה הבלתי-ישרה (אונדירעקטע) תקרא ראית החמרים העומדים קרוב אל הגשם המרכזי; לפני דברינו ימצאו העיגולים הסובבים את הגשם המרכזי תחת ראיה בלתי ישרה. פה תתעורר שאלה חדשה: הלא כפי שאמרנו לא רחוק מהכתם הצהוב ימצא הכתם העור; על הכתם הצהוב יצויר ציור הגשם המרכזי ועל הכתם העור — איזה גשם המובט בראיה בלתי-ישרה ומדוע לא יראה מקום הגשם המצויר עלי הכתם העור שחור ואפל באין אור לו? הן את

המענה אשר תתעורר בנו לפי ההשקפה הראשונה, — כי העין השניה תמלא את חסרון המקום ההוא הלא נכחיש כרגע בהסגירנו עין אחת, ובכל זאת לא יוכר המקום האפל! ומדוע? גם פשר דבר זה נמצא בהעלותנו על לב כי מקום הגשם אשר במקומו צריך להראות אך כמו שחור ואפל הלא בתוך סוג הראיה הבלתי־ישרה תתחשב, אשר מעט אור גם להחמרים הנראים, לכן לא יוכר בעזרת ההתרגלות מימי הילדות אשר עוד טרם הכיר האדם את חוג הראות התרגל להביט ולהתבונן אך על הגשם המרכזי.

לא אך אלה החמרים יעלמו מתוך עיני האדם, העומדים מעבר לגבול חוג ההבטה ובתוך המקום אשר יולידו ציורם עלי הכתם העור -- גם בתוך חוג הראות נמצא כי יעלמו חמרים שונים ורבים מבלי הראות, ועוד יותר גם אם ימצאו החמרים האלו תחת קו מרכז חוג הראיה. אם יט הקורא אוזן לדברנו נבאר לו כל זאת, אך נבאר מראש שאלה שנית והוא התקטנות כל גשם בהתרחקו מן העין:

רואים אנחנו בכל גשם וגשם כי כהתרחקו מאתנו כן יתקטן במדתו למראית עין, ונשפוט כי מדתו התקטנה אף בידענו בנפשנו כי מדת הגשם לא נשתנה. נכין לנו ציורים אחדים אשר בעזרתם יקל לנו להבין דבר זה לאשורו:

נשוה נא בנפשנו שבהציור 34. ירחק המוחש A מן העין a מרחק קצוב: רגל, אמה, וכדומה a_2, ומרחק האישון עד עור הרשת הלא גם הוא מרחק קצוב f אך קטן יהיה תמיד ממרחק הגשם מן האישון, וכאשר כבר אמרנו כי כל קרני אור תשברנה בלכתן דרך האישון, נמצא כי הזויות של המשולש bad דומות לכל הזוית של המשולש d'ab. הנה זאת נראה כי המשולש dab הוא הנודע בשמו משולש צר הזוית, ומזה נדע כי גם המשולש הנסגר בתוך הוא המשולש b'ad' כמוהו צר הזויות ודומה לו. קרן האויר c העומדת מול העין (לאמר: במרכז חוג הראיה) תלך על זוית נצבת, ונמצא על פי החשבון גודל ציור bd כאשר יצויר על עור הרשת כזה:

$$d'a : \sin tot = d'c' : \sin d'ac'. \qquad I$$

$$\frac{f . \sin d'ac'}{\sin tot.} = r = d'c'$$ על כן יהיה גדל

$$b'a : \sin tot = b'c' : b'ac'. \qquad II$$

$$\frac{f . \sin b'ac'}{\sin tot} = a = b'c$$ לכן גדל

ונחבר I עם II, גדל $bd = r + \delta$, זהו הגדל אשר בו נראה את המוחש A. הזוית $d'ab'$ תקרא זוית הראיה (זעה ווינקעל), והגדל $d'b'$ הוא גדל הציור. כאשר נתבונן היטב נמצא כי כל אשר יתגדל המרחק ca כן תקטן זוית הראיה $d'ab'$, כאשר נוכל לראות על פי החשבון והוא:

נניח כי המרחק ca בציור 33 הוא $a = a$. על פי החשבון נדע כי המשולש $d'ab$ הנהו דומה במספר מעלות זוויתיו למספר מעלות זויות המשולש dab; והנה cd הוא תמיד בגבה אחד וגם הזוית dca גם כן במצב אחד הוא נצב הזוית, גם בהתנועע הגשם אל או מן העין ישארו השעורים האלו תמיד על ערכם הקצוב, ויהיה:

$$cd : \sin cad = da : \sin tot.$$

לכן — $$cd . \sin tot = da . \sin cad.$$

ויען כפי שאמרנו, נדע כי הזוית dca תמיד במקומה עומדת שהיא 90° וגם cd בשיעור בלתי משתנה, נמצא כי הזוית cab תסתובב תמיד לפי שיעור המרחק da שהוא $2.a$ שמכפלתם תהיה תמיד שוה, לכן בהתגדל המכפיל יתקטן הנכפל, ובהגדל הנכפל יתקטן המכפיל, לאמר: כל מה שיגדל da בארכו לעומתו תתקטן הזוית cab ולהיפך. והנה הזוית cad שוה במספר מעלותיה אל הזווית $c'ad'$, יען כי זויות נוכחיות הנה: לכן יצא לנו כי כל מה שיגדל המרחק ca מן העין a כן תתקטן הזוית dab', אשר על ידי זאת יראה המוחש רק בשיעור אורך $d'b'$ בבציור 33, שהמוחש A רחוק כפלים מן העין ויתקטן הציור.

ט.

זוית הראיה.

בפרק האחרון ראינו כי כל אשר יתרחק הגשם מן האישון כן תצר וכן תקטן מדת גדל הציור עלי עור הרשת, נקל עתה לכל קורא להבין פשר, הדבר אשר נראה כי שדרות עצים הנטועים בשתי שורות זאת כנגד זאת, במרחק שוה בכל הארך. כי תתקרבנה זאת למול זאת כל אשר תתרחקנה מן העין, וכן יראה גם בקירות החומות הפנויות למול העין, אם תקטן הרבה זוית הראות, וגדל הציור, היה קטן מאד אז לא יוכלו הבדים לשאת אותו אל עצב הראות אחרי כי אין די קרנים להעירם מתרדמתם ולא יתגעשו ממעט קרני האור אשר ידפקו עליהם, כי מדת ההרגשה מוגבלת היא. אם נרצה להביא איזה גשם בחוג הראות למען יגלה לעין האדם נחוץ שתהיה מדת

ציור הגשם ההוא גדולה מן $1/_{40}$ מיללימעטר; אולם בהיותו קטן מהמדה האמורה אז לא יראה האדם את ציור הגשם ההוא. כל חיתו האויר קטני הארץ, (אנפוזאריען) לא תפולנה בתוך רשת חוג הראות של האדם כי לרוב קטנן לא יתגעש עצב הראות אשר ממנו לאור תוצאות.

הגשם המורכב מחלקים קטנים, בעמדו במקום אשר זוית הראיה של כל חלק הקטן תקטן מהערך הראוי להראות, אז לא יוכל האיש המביט להפריד בין החלקים המפורדים, אך התאחדות כלם יחד תראה לעיניו כמו כתם כהה אשר לא יוכל לחדור ולהביט על חלקיו אשר מהם הורכב. אם יביט אדם עלי חציר בעמדו מרחוק, לא יוכל להכיר את העשבים ולהבדיל ביניהם, ואך כלם יחד יתאחדו לפי מראה עיניו ויראה לו כמו שמלה ירוקה פרושה על פני כל הככר ההוא. כן יהיה בכל דבר הרחוק מעין האדם המביט עליו, כידוע לכל.

גבול הכרת הגשם בהיות ציורו קטן מאד איננו שוה בכל האנשים, ובכל האופנים, ישנם אנשים אשר עין חודרת להם ויוכלו להפריד בין חלקי חחמר הרחוק הם, בעוד אשר רעהם ההולך עמם לא יכיר מחלקי החומר ההוא מאומה אך כמו כתם כהה יראה לפניו. גם זאת נמצא: הגשם אשר בהירותו גדול הרבה יראת בהיות ציורו קטן מציור גשם שני אשר בהירותו פחותה ממנו ואשר לא יראה. בכלל: האור הלבן בהיר יותר הוא על הצהוב. הצהוב בהיר הוא על הצבע האדום והאדום על התכלת. לכן בעוד אשר גשם מאיר באור לבן יראה גם בהיות ציורו קטן הרבה מאד מציור איזה גשם המאיר באור תכלת יעלם האחרון מן העין המבטת עליו ולא יראה, אם נשים אל לבנו את קטן זוית הראיה של הככבים הקבועים, אשר תעמוד רחוק מאד אחרי גבול הכרת ציור גשם ארצו, ובכל זאת יראו בהירים ומתנוצצים כספירים נבין כי רבה בהירותם עד למאד. ולא לחנם נתנו להם התוכנים את כבוד השמש ואור עצמי. תוארם העיגול הנראה לנו בהביטנו עליהם הוא יולד מהתפשטות האור אשר יוליד עלי אור הרשת תמונה עיגולית, ובהביטנו עליהם בקנה מצפה תתקטן תמונתם העיגולית עד כי לפי החכם וויליאם הערשעל, בהביטו בקנה מצפה המגדיל עד 6500 פעמים, תהיה אלכסון הנראה (שעינבארער דורכמעססער) של הככב וועגא 0,36"! — מזאת נבין את כמות בהירות הככב וועגא. בהחמרים הארצים נמצא סבות שונות אשר לפיהן תשתנה זוית הראיה ויראו לפעמים גם בה ותה קטנה הרבה מהמדה הדרושה. כן נראה כי שני חמרים השווים בכל תכונותיהם ובצבעם הלבן ובכל זאת האחד, אשר ישכון עלי קיר שחור מאד יראה במרחק יותר מן השני השוכן על קיר הבהיר מעט מהראשון; „תוצאות הנסיונות לא יקציבו בעדנו מספרים קצובים עלי מדת ראות הגשם, יען כי תסיב לפי תנאי תואר הגשם, מדת הזהרתם (בעלעיכטונג), ערך התנגדות צבע הגשם לקיר אשר הגשם יוצא ובולט ממנו (אבהעבען), תנועות וטבע שדרות האויר אשר ימצאו בהם". תואר הגשם ישפיע הרבה

על הראות הגשם כי (כאשר יאמר הומבאלבט) : גשם ארוך ודק יראה מרחוק בעוד אשר גשם מרובע אשר אלכסונו שוה לעובי הגשם הראשון לא יראה. בסבת זוית הראיה הקטנה מהראשונה. וגם לבן על שטח שחור יראה רחוק יותר מגשם שחור על שטח לבן. —

י.

התערכות העין.

את זאת ראינו כי המצא ימצא בתוך העין גשם גבנוני שקוף המשבר את קרני האור ומאחדן לציור קטן ושלם, והוא העדשה הבדולחית שבהעין (V ; ג.) אם נבקש במעשי ידי אדם דבר הדומה בתבניתו להעדשה נמצא את הזכוכית השורפת (IV ; ו.) לכן גם כל אופני פעולות הציור של העין נמצא בפעולות זכוכית השורפת, ומזה נוכל לשפוט כי גם כל החזיונות הנראים בעזרת זכוכית השורפת ימצאו גם בפעולות העדשה הבדולחית של העין, אם כן הלא יצדקו הקוראים הנבונים בשאלם: הן מקום הציור של הזכוכית השורפת ישתנה לפי מרחק הגשם מן העין, בהתרחק הגשם מן הזכוכית יתקרב הציור אל הזכוכית ובהתקרב הראשון להזכוכית יתרחק האחרון מן הזכוכית (IV ; ט.), ומקום הגשם הנראה אשר תוליד העדשה הבדולחית הלא הוא תמיד עלי עור הרשת יבהראות גשם רחוק וגשם קרוב בשיווי הבהירות הלא יתחייב כי העדשה הבדולחית תתרחק מעט מן עור הרשת בהביטנו עלי גשם קרוב ותתקרב אליו בהביטנו על גשם רחוק שתפול נקודת הציור על עור הרשת — היוכל להיות כדבר הזה ואנחנו לא נדע? כן בטח נשמע מפי כל קורא משכיל על דבר, השאלה נכונה היא, אולם המשפט לא נכון הוא! העין תתערך (אַקקאָממאָדנרע) לפי מרחק הגשם שיפול הציור על עור הרשת ואולם לא כאשר ידמה הקורא בהשקפותיו הראשונות כי עור הרשת תוסג לאחור או עדשה הבדולחית תתרחק מן עור הרשת, ואופן התערכות העין הוליד לחכמי הטבע ענין לענות בו טרם נודע להם באור ברור ונכון. המה חפצו לבאר כי התערכות האישון היא סבת התערכות העין; אולם גם זה דבר אשר בשקר יסודו· התערכות העין נמצא בהתערכות העדשה הבדולחית, אשר תשנה את תמונתה לפי מרחק הראיה של הגשם, והוא: ידע נדע כי מקום ציורי זכוכית השורפת יתערך לפי עקמימות השטח החצוני של הזכוכית, בהתגדל הגבנוניות של זכוכית השורפת יתקרב מקום הציור אל הזכוכית (כי מרחק הציור יתקטן) ובהתקטן גבנוניות זכוכית השורפת יתרחק מקום הציור מן הזכוכית (בהתרחק מרחק הציור). העין אשר תפליא את רוח האדם בכלל בבנינה הנפלא, תעשה נפלאות

בהתערכה באופן אשר יבצר מרוח האדם להתחרות למעשי הטבע, בהביטנו על איזה גשם, אשר לפי מרחק העדשה הבדולחית מן עור הרשת יפול ציורו על, עור הרשת, הוא אם מדת מרחק העדשה מן העור הרשת שוה הוא למדת מרחק הציור אז כמובן נראה את הגשם ההוא בהיר היטב; אולם אם נעביר את עינינו מן הגשם ההוא ונביט על איזה גשם אחר הרחוק הרבה ממקום הגשם הראשון, אשר אז מרחק העדשה מן עור הרשת על מרחק הציור, שמזה יפול הציור בין העדשה ועור הרשת אז תמעיט העדשה את גבנוניותה להגדיל את מרחק הציור ואז יראה היטב בנפול הציור על עור הרשת בהיותו מקום הציור. אם נשוב שנית להסב מבט עינינו מהגשם ההוא ונקרבנו אלינו בשלחנו אותו על גשם הקרוב אלינו מהאחרון שאז יהיה מקום הציור אחרי עור הרשת בהתגדל מרחק הציור, תרבה העדשה את גבנוניותה להקטין את מרחק הצויר שיפול על עור הרשת, את הענין הזה, אף כי לא ענין נקל הוא, תשלים הטבע כרגע מבלי שאל גם את פי האדם אם ירצה כזאת, גם לא תתמהמה במעשיה שיוכל האדם להתבונן במשך זמן הפעולה על התערכות עיניו במדה הדרושה, את הפעולה היקרה הזאת — התערכות העין — יעשו עצבים אחדים הקשורים בהעדשה הבדולחית: המה יתקווצו וימשכו להמעיט את גבנוניות העדשה בשלח האדם את חצי מבטו על גשם רחוק, ויתערכו לעזוב את העדשה להתקווץ ולהרבות גבנוניותה בהביט האדם על גשם קרוב.

הקורא המרבה להגות בספרים בטח התבונן על אשר יקרה לו, (כמו לכל איש הקורא הרבה), כי אחרי הגותו והתבוננו זמן רב מבלי הרף בספר יחוש כמו רגש בלתי־נעים בעיניו, אשר יאלצנו להסיר את עיניו מעל הספר ולהביט על דברים הרחוקים הרבה ממנו, יתבונן על ירק שדה, עלי עצים רחוקים והדומה להם, סבת התעוררות הרגש הבלתי־נעים הזה הוא, כי אחרי התאמצות האדם להביט זמן רב על דברים קרובים מאד לעיניו יתעורר העצבים הקוצבים גבנוניות העדשה וינהו אחרי מנוחה מעבודתם אשר עבד בהם להיות במצב ההתערכות זמן רב מאד, והרגש להחליף את פעולתם הוא הרגש אשר יאלץ את האדם להסר עינו מעל הספר ולהביט על דברים רחוקים.*)



*) וכבר יעצינו גדולי החכמים להביט על דברים רחוקים מדי נאבה לחחליף כח הראות, אחרי הביטנו הרבה בספרים. (הערות המלבה"ר).

יא.

ראי העין (אויגענשפיעגעל).

עברי ימים ושנים והעין אשר היא אך היא תחדור בכל דבר, תביט ותכיר כל גשם כסתה בצעיף את פניה לבלי תֵראה היא בעצמה, ולבלי יתענג האדם יתר על המדה על מראות אלהים בהביטו תוך חדר הנפלאות והחיים הוא העין, אולם מי יודע את רוח האדם העולה למעלה אין דבר אשר יבצר מאתו להשיגו אם אך דבר למודי אמתי הוא, אז ימהר האדם לעלות על שלבי סלם הנסיון והשכל למרומי שמים. שמות שני האנשים, אשר בעדי זהב יעוטרו בכל הספרים אשר שמותיהם מגיעים, לא ימושו מקרב לבב האדם עדי עד, והמה השמות ג ר אֶ פ ע ו ה ע ל מ ה אָ ל ט ץ, שמות אשר נקראו בהם שני אנשים חכמים אשר חדרו להביט על מראות אלהים בתוך העין פנימה. האחרון, העלמהאָלטץ, המציא הכנה אשר בעזרתה נוכל להסיר את פני המסכה מעל העין ונביט פנימה. לפעמים יקרה לפני האדם להתבונן על מאירת עיני איזה דבר חי בהתהלכו בחדרו החשוך בלילה. הדבר הזה יתבאר כי קרני האור, אשר יפלו על פני הקיר הפנימי של עין החיה תחזורנה לאחור תוך עין האדם ואז יראה לו כי עין החיה תאיר — (חזיון, אשר לולא הביאור הנכון הזה שהיה לנו, עמד לשטן נגר חקירת החכמים, ועזר להחלטת חכמי הקדם (אשר נשמע לפעמים מפי זקנינו) כי סבת ראות העין היא כי העין תשלח מאתה קרני אור אשר תרגשנה את הגשם הנוגשות אותו.); לכן נוכל לאמר כי ראה נראה את עין החיה בפנימיותה. אם נאבה לראות גם את פנימיות עין האדם לא נוכל למצא חפצנו, יען כי בהביטנו ישר בתוך האישון אז נעמוד לשטן לקוי האור האחרים לבלי יבואו בתוך האישון ההוא, והאישון שלנו חשוך גם הוא לכן לא תבואנה בתוך האישון המובט קרני האור אשר תחזורנה בתוך האישון שלנו למען נוכל לראותו. אולם העלמהאלטץ היה המאושר, אשר לעדי עד יהולל שמו על המצאתו, הוא המציא (1851 הכנה אשר יוכל האדם לקבל קרני האור המגיעות לתוך האישון מן הצד. קרני אור הנר, אשר אך היא לבדה תאיר את החדר החשוך ששם יבוקר החולה, בפגשן את הראי המלוטש השקערורי, הנקוב באמצעיתו והפנוי למול עין המבוקר יכנסו בתוך עינו על הקיר הפנימי של העין, משם תחזורנה לאחור למולהראי, ואותן אשר תעבורנה דרך הנקב הקטן של הראי המלוטש תבואנה בתוך עין הרופא המבקר אשר הוא יראה את ציור העין של החולה. האחרון יכיר בתוך עין החולה גם את ציור עור הרשת המצויר שם (V; ה.) וגם את כל הגידים והעצבים למיניהם, אם מחלה תעבור על העין אז כרגע תתן אותותיה אותות לעין הרופא הבוחן ובודק גנזי נסתרות העין בעזרת ראי המלוטש, וכאשר הגדיל לעשות גם החכם אשר תהלתו מלאה כל קצוי ארץ הוא גרעפע.

טרם נכלה את מאמרנו לדבר על אדות עין האדם הטבעית לא נוכל לעבור בשתיקה מבלי הזכיר גם את העין המלאכותי העשויה מפארפאר, אשר מראיה החיצונית תדמה להעין הטבעית מבלי שנוי. גם את זאת נוכל לחשוב במספר ההמצאות היותר נפלאות שהמציא האדם ברוחו הכביר.

יב.

עיני בעלי חיים שונים.

יודע הנה הקורא ההוגה בספרנו את תמונת בנין העין בחלקיה הפנימים, ואולי יהיה עם לבבו לשאול מאתנו לבאר לא את פשר הבראות שתי העינים בעוד אשר גם בעינו האחת יוכל לראות היטב ולהכיר את כל הדברים השונים? ע"ז נשיב לו בקצרה כי בשתי עינים נראה את אשר לא נראה בעין אחת, ובטח יראה כל גשם בכמות בהירות גדולה מן בהירות הגשם בהביטנו בעין אחת, ובכלל: כל פעולות העינים תחזקנה בעזרת העינים השתים. גם אם עוד לא ישפיק הביאור הזה לרוות את צמאון הקורא המתאוה לדעת, ועוד יעמוד וישתאה על יתר העין האחת אשר לא תועיל ולא תוסיף, ניעץ לו לשאל את פי איש אשר נאבדה ממנו עינו האחת ואך בעד האחת יראה ויביט, מה ירחש לבו על המצאות שתי עינים, אולי יוכל האיש העור בעינו האחת לעשות את אשר לא יכלנו לבאר לפני הקורא — אם גם באלה לא יוכח והביאור הזה לא יוכל להשקיט את צמאונו אז ילך לדרוש בהחיים והמה יורוהו דבר ברור: ישנם בעלי חיים והמה היתושים אשר נתנו להם עינים מרכבות יחד הפועלות יחדיו פעולתן לראות ברור בהיר את הדברים הסובבים אותם לתועלתם לראות מהר וברור את שללם, כאשר ידע כל קורא גם מראש כי שמונה עינים נתנו להעכביש, נקל להבין כי לא לשוא הרבתה הטבע מספר העינים בהחיות הנמבזות האלו אשר לא טוהר ולא תואר להן, בטח תדע הטבע את מעשיה בהרבותה מספר העינים בהן, ורוח הקורא יזעף ויתאונן רע בקרבו על אשר אך שתי עינים נתנו לו ולא יותר; אולם זאת יוכח כי הטבע תדע את מעשיה ותדע את תכלית הבריאה, לכן ימצא מנוח לנפשו בהתנחמו כי העין השניה איננה יתירה. —

כאשר נבין תערוג נפש הקורא המשכיל לדעת גם את בנין עיני החייב למיניהם. ואנחנו לא נמנע הטוב ממנו בהיות לאל ידינו, ונמלא כל חפצו: הן למעלה אמרנו כי עיני הרמשים מרכבות הנה, ואופן הראות בעינים רבות באר (1826) החכם מיללער באופן אשר מקום הציור של כלהם יפול על עצב הראות אשר בהתאחד כל הציורים על העינים הרבים יראה בהיר מאד,

בכלל: בכל אשר נפנה אצל בעלי חיים שונים נמצא כי עיניהם נערכו באופן נאות ומתוקן לפי חייהם ומקומם, הדגים אשר כל חייהם יבלו במים יראו בעינים אשר בהן תמצא עדשה בדולחית השונה מאד בגבנונותה מן גבנונית עיני החיים המבלים ימיהם ביבשה, יען כי שבירת האור במים שונה משבירת האור באויר. עיניהם אינן מכוסות בעפעפים ואין להם שמורות. חזק הראיה שלהם גדל מאד, „וכנראה, יראו וירגישו גם קרני אור כאלה, אשר עינינו לא תעצורנה כח להרגישן". המה לא יוכלו להסב את מבטי שתי עיניהם על נקודה אחת כמו האדם.

הבעל כנף יצטיין בכח ראותו על כל החיים. הוא יביט גם ממרחק רב ולפעמים גם מאור השמש החזק לא יירא (V ; ז.) לו נוסף על עורות העין עוד עור נוסף עור מכהה מלבד העפעפים. העופות אשר יצללו גם במים יכנסו תחת חוג הדגים ביחוס עיניהן.

להנחשים תמצאינה עינים גדולות מאד בלי עפעפים, ואכזריותם לשפוך דם חי, אשר תתן אותותיה אותות (סיגנאליזירט) עלי העין (V ; א.) ותמונת העינים המגולות תתננה חתיתן על כל חי העומד אצלם, הנוסעים יספרו לנו את אשר בעיניהם ראו כי כאשר ילטוש הנחש עלי איזה עוף את עיניו הנוראות יביאנו במבוכה גדולה ונוראה ממבטי עיניו המפיצות זעם ועברה על כל סביבותיהן, עד כי טרפו ירוץ בעצמו למו פי הנחש האיום הלז חכמי קדם בראותם כזאת שפטו המה לפי רוח מבינתם כי הנחש יפוץ רעל בשלחו חצי עיניו על איזה חיה; אולם כן דרך חכמי הקדם להגדיל את הנסים והנפלאות הבלתי מובנות, אך אנחנו נלך לאור הדעת כי אך בה חפצנו, היא מאירת דרכנו והיא תהלתנו.



ע

ראות העין.

א.

השפעת הפעולות וכח הדמיון על משפט ציור הגשם.

העין, אשר כבר הסרנו מעליה את פני הלוט הלוט על פניה, היא מכונה טבעית –– מכונה אשר צלחה בידי האדם בימים האחרונים לעשות במתכונתה, אף כי לא יכלו לברוא עין או לעשות חמר דומה בכל להעין. (במאמרנו האחרון ראה הקורא כי הולדת הציור בהעין הוא דבר טבעי אשר אין בה רזים, נסים ונפלאות, כדבר האמור בחדר האפל) אולם לא בזאת יולד רגש הראות, כי גם אם אלף פעמים נולד בתוך חדר האפל ציור איזה גשם עלי זכובית או ניר גם אז לא יחוש הניר את הגשם ולא ידע מה הוא, יען כי כל פעולת הראות אך בעזרת הרוח הוא, לאמר: הרוח ירגיש ויחוש את הציור הנולד בתוך העין. לא פעם אחת ולא שתים נשמע מפי חכמים שונים כי האיש אשר שאר רוח לו בעינים אח־ות יביט עלי התבל, ואמנם כן הוא: חוש הראות הלא יסוב לפי משפט הרוח וכהשתנו ישתנה גם משפטו וכן ישתנה גם מבטו; לכן האיש אשר בין חכמים חלקו ובמספרם נמנה יכיר היטב את התבל ומפעלות הטבע בה, יען כי עינים אחרות (לאמר כח השופט) לו, שונות מעיני איש כסיל ובלתי-למוד. ––

למותר נחשוב להוכיח להקורא כי לא צדקו חכמי קדם ורוב אנשי דור הישן) באמרם: כי העין תשלח מאתה קרני אור, אשר בפגשן באיזה גשם תרגשנה אותו, ואך אז, כאשר יאמרו המה, תרגיש העין בקרניה המשולחות מאתה כאשר יואר הגשם באור זר וצדדי, כמו אור השמש או אור הנר (זאת יאמרו להסיר מעליהם את השאלה „מדוע לא נראה בלילה") כי ציור הגשם במו העין עלי עור הרשת יראה את הריח השקר הנודף מדעתם זאת: ואולם האיש אשר יקשה עליו לנסות דבר הזר לו ולא יאמין לדברינו בדבר מציאות הציור בתוך העין, ועוד לא יוכח מבלתי-אמתות השערת חכמי הקדם, ימצא מופת לדברינו בראותו כי בעמדו במקום אפל יראה את העומדים

במקום אור ובהביטו ממקום מואר אל מקום אפל לא יראה מאומה האין זאת אות נאמן המראה את אמתות דברינו הנ"ל? עתה נמצא לחק נאמן כי העין היא מכונת הציור שהיא תקבל בה את קרני אור כל גשם, והרוח ישפוט על איכות הציור. —

תוצאות כל דברינו כי הרוח ישפוט על איכות הציור, כל איש יכיר את הגשם כאשר יורנו רוח מבינתו; לכן כל רשמי הרוח יוכרו במשפט הרוח בהראיה, לאמר: כל הפעלות אשר השאירו עקבותיהן בתוך הרוח יוכרו במשפט הרוח בהראיה, לכן אם נדע היטב את חקי משפטי רוח איזה אדם בהביטו על חמרי התבל נוכל לשפוט על חקי רוחו. המעשים בכל יום ישפיעו הרבה על הרוח: כל פעולה חקירית ולמודית תשאיר רושם לא קטן בהרוח; לכן נמצא רשמי רוח האדם בפעולות עסקיו ולמודיו במשפט ראות האדם, כי לרוח, בשבתו על כס המשפט לשפוט את ציור הגשם בהעין, יצטרכו גם פעולותיו אשר פעל ועשה. והמה יעזרו להוליד משפט הציור לפי הנסיונות אשר רכש לו האדם כל ימי היותו עלי האדמה. לכח השופט של הרוח, יצטרפו גם כח המדמה וכח הזכרון אשר השפעתם גם המה רבה מאד על איכות המשפט אשר יחרץ כח השופט.

ב.

הציור בעין וכח השופט:

כח המדמה וכח הזכרון ישפיעו הרבה על כח השופט של הרוח על איכות המובט; באשר כי כח המדמה ילך אחרי החקים, הלמודים והידועות הראשונות אשר רכש לו האדם, ולכן כח השופט ישתנה בכל אדם כי לא כל אדם ישתווה בהידיעות השונות אשר לפיהן ישתנה כח המדמה, כן גם כח הזכרון לא שוה הנהו בכלאדם, כי יסוב לפי הפעלות והדברים אשר פעל או ראה כל ימי חלדו, נמצא כי איכות ראות עיני אנשים שונים תשתנה הרבה אחת מרעותה; כן נראה שני אנשים שונים יביטו על גשם אחד ושניהם יראוהו בכל פרטי צבעיו, תוארו ואיכותו ובכל זאת משפטים שונים יוציאו האנשים על הגשם המובט יען כי כחם השופט ושתנה אצלם — נמצא כי לפי המשפטים השונים אשר יוציאו האנשים האלו עלי הגשם נכיר את שנויי רוחם והבדל שכלם:

ידענו אל נכון כי הקורא לא יאמין לדברינו בשאלו לנפשו: איככה יהיה כדבר הזה? הלא עינים שוות לכל אדם יחד כראות זה כן יראה זה ואיככה יאומן כי יסופר כדבר האמור בזה? אמנם כן הוא עינים שוות לכל

אדם יחד וגם הציורים הנולדים על עור הרשת שלהם שוים יהיו זה לזה, אך המשפט אשר יחרצו עליו שונה יהיה יען כי רוחיהם ישתנו לפי פעולותיהם והנסיונות אשר רכשו להם. כן נראה לפעמים את שינויי הרוח בכח השופט על הטעם והריח: אשר יטעם לחך האחד ימר לשני, אף כי מאכל אחד יאכלו שניהם, וכן נפגוש לפעמים דבר נפלא אשר נתבונן היטב עליו והוא כי איזה אדם ימאס במאכל אחד ולא יוכל אכלו, וגם כראותו אותו יגעלו נפשו בעוד אשר אנשים אחרים יתענגו על טוב טעמו וחזיון לא יקר הוא; וכן נמצא לפעמים כי שני אנשים יתעשקו יחדיו על אדות ריח איזה פרח, זה יקרא לו-ניחוח וזה תבחל נפשו להריח בו אף כי ריח אחד הריחו שניהם ואף כי עצבי הריח שוים בכל איש, אם עוד לא יוכח הקורא ומופתים ישאל, לא נוכל לתת לו, יען לא נדע, את רוחו, ואך בזאת יוכח בהתוכחו לפעמים עם רעהו אודות המשפט אשר יחרף הוא על איזה דבר שהשני אחרת ישפוט. ואם את רוח הקורא לא נכיר לא נדע את החקים והמשפטים אשר לפיהם ישתנה כחו השופט לכן נגיד בכלל כי לא כאשר יצויר בהעינים ישפוט הרוח אולי בזאת ישפוט גם על אדות כל איש בפרט ויוכח כי ראות העינים תשתנה אצל כל איש ואיש:

שתי עינים נתנו להאדם. כל אחת דומה לחדר אפל, בכל אחת, יצויר ציור הגשם אשר שלח המביט חצי מבטו עליו לכן הלא כאשר נבין יולדו שני ציורים, ומדוע לא נראה אך ציור אחד כאשר יורנו הנסיון? הן אמנם כן הוא, הגשם אשר נביט עליו לו תואר אחד אולם אנחנו הלא בשתי עינים נביט עליו אשר בכל אחת יולד ציור הגשם ומדוע לא נראה גשם כפול לעינינו? הלא זאת תאלצנו לשפוט כי לראות העינים יצטרפו גם כחות שונים, כח השופט יאחד את שני הציורים יחד בהובאם לפניו וציור אחד יראה כאשר כן הוא בפעל, הלא יראה הקורא כי רבה פעולת כח השופט על ראות העינים ולא כציור עור הרשת יראה האדם: אמנם נפלא הדבר אשר גם חוש הראות שהוא היותר נאמן ככל החושים, יתעה לפעמים לא רחוקות את האדם להוציא משפט מעוקל כאשר יחרוץ כח השופט באשמת הפעולות המקריות, הנסיוניות והלמודיות אשר השאירו עקבותיהן ברוח.

ידע נדע כי מעתה נפול תפול תפארת העינים לפי משפט הקורא בקראו את דברינו אלה, בראותו כי לפעמים תתעינה אותו להוציא משפט מעוקל כאשר דברנו, ויגמר בנפשו אמר לבלי הוסיף הוסיף עוד תת אמון בראות עינוו ביראו פן יטעוהו; לכן נלך עתה לבאר את כל הפעולות והחזיונות השונות אשר נפגוש בחקרנו על אודות ראות העין וידע את הפעולות והסבות אשר בסבתן תתעה העין את האדם למען יוכל האמן במראה עיניו.



ג.

זיז האור.

תואר הגשם, צבעו ומקומו, פעולתם רבה על איכות משפט הראות (V; ט.), שני דברים אשר כמותם שוה ישפוט האדם כי האחד גדול מהשני בהשתנם בצבעם, במקומם או בתכונתם. גשם לבן יראה גדול יותר מגשם דומה לו ושחור. חזיון נפלא הוא בהראות חלק חרמש הירח כאלו חלק הוא מכדור הגדול מחלקי כדורו האפלים, לאמר: לעינים יראה כאלו לא יתאחד חלק הירח המאיר עם הנשאר אפל לכדור אחד, ואנחנו הלא נדע ברור כי כדור אחד הוא. הלא נמצא כי לולא ידענו כי החרמש המאיר הלק הנהו מכדור הירח האפל אז שפטנו משפט מעוקל מאד והוא כי גשם-שמימי אפל אחד, הקטן מהירח כסה את פני הירח, אך לא כלו כי השאיר חלק מאיר ממנו והוא החרמש — החלק הנראה מכדור הירח הגדול מכדור הככב המאפיל. חזיון כזה נראה לפעמים לא רחוקות. אם דרך איזה נקב, המנוקב בקיר העומד בין עינינו ובין מנורה מאירה, יעברו קרני אור לעינינו אז יראה האור העובר דרך הנקב כאלו גדול ורחב הוא ממדת גדל הנקב. אם נקח שתי שערות שחורות השוות בעבין אחת לרעותה או שני חוטים שוים, את האחת נשאיר בצבעו הטבעית — שחור, ואת צבע השנית נשנה לצבע לבן ונעריך את עבים יחדיו אז נטעה להעריך את עובי השערה השחורה פחות מן עובי השערה הלבנה, בכלל: כל גשם לבן יראה גדול יותר מגדלו האמתי וגשם שחור — קטן מגדלו האמתי, וכאשר ראינו (V; ט.) כל אשר יתנגד צבע הגשם לצבע השטח העולה עליו כן יוכר יותר וכן נעריך גדלו יותר מגדלו האמתי. בזה יתבאר להקורא פשר חזיון, אשר בטח התפלא עליו בראותו אותו והוא: יש אשר נעמוד באיזה מרחק מן קוי הטעלעגראף ביום בהיר עת יפיץ השמש אור חזק בהיר ואז יעלמו מעינינו הקוים ההם. ואם אז יבוא איזה עב או ענן לכסות את פני השמש מעט יקרה כי הקוים ההם יראו בהיר לעינינו, והוא יען כי בהיות דרך קרני אור השמש חפשי מכל עב וענן אז נעלמו הקוים השחורים בהראותם על שטח שמים המואר הרבה מהשמש אשר מנוגה נגדו יפוזו קרני האור סביב, אשר לא כן בבוא ענן ויכסה את פני השמש ופני השמים יכההו ואז יוכרו הקוים ההם. חזיון כמו זה נשוב שנית לראות אם נקח שערה שחורה ונביאנה בין עינינו ובין איזה צפית או מנורה כי יעלם אז ובהשקיענו את שלהבת המנורה תשוב השערה להראות. עוד חזיון אחד יבקש פתרון לו הוא אור הנר הרחוק מאתנו לא יראה לנו ברמותו האמתי אך כמו עיגול מפוזר בקוים סביב הנהו, החזיון הזה דומה להחזיונות אשר הזכרנום בזה. כל החזיונות האלו הנזכרים בזה הכניסו החכמים תחת

חזיון נפלא אחד והנחילו לו את השם „זיז האור" *) (איראַדיאַסיאָן).

למצוא פשר על החזיון הזה, אשר תחת כנפיו יחסו החזיונות נפלאים רבים כבר עמלו חכמים רבים, וכבר הזכרנוהו (V; ט.) במעט מלים; והוא כאשר שמענו (1838) מפי פלאטא כי גם הנקודות האחרות אשר עליהן לא יפול הציור גם המה ינחלו את ההרגשות של קרני האיר הנופלות על מקום הציור עלי עור הרשת, ולכן יראה הגשם כאלו פזר את קרני אורו למען הגדל את תמונתו ועביו. פשר החזיון נוכל להגביל במלים קצרים ונמרצים: ההתרגשות שתביאנה קרני אור הגשם המובט תתרחב סביב מקום הציור. נמצא כי גם זיז האור בין מספר מתעי העין נמנה ויקום לצחק בנו להתעות אותנו בחזיונותיו אשר בשוא יסודם.—

זיז האור יתמעט בהתאמץ האדם להביט עלי הגשם המובט בעינים חודרות, כאשר יוכל הקורא לראות בהביטו על ככב שמים או נר מאיר. בככב יכיר נקודה קטנה, ובנר יכיר שלהבת, וגם בזה עוד ישלט זיז האור להתעותו כי לא יוכל לבטלו כליל, אך לרגעים אחדים יצלח חפצו; אולם כעבור רגע מבלי משים תרפה ההתאמצות וזיז האור יתגדל עוד יותר.



ד.

תעות הערכות המרחק.

כל גשם בהיר, אשר לפי דברינו יראה גדול מעט מגדלו האמתי יראה כאלו יקרב מעט על העין, ולכן בשתים נתעה: בגדל הגשם ובמרחקו מן העין; ולהפך הגשם הכהה ירחק מעט יותר מן מרחקו האמתי לפי ראות העין, וגם יתקטן למראית עין. פשר דבר זה נמצא בהתבוננו מעט על הדברים הנזכרים (V; ת. ציורי 34 ,33): כל דבר יתקטן למראית עין בהתרחקו ממנה יען כי גם זוית הראיה תתקטן, ולפי התקטנות הגשם למראית עין יערך המרחק אשר בו ימצא הגשם מן העין. מזה נבין כי בהוּאות הגשם גדול מעט מגדלו האמתי יעריכו האדם קרוב מעט יותר אל העין ומזה, גשם כהה אשר יתקטן למראית עין יתרחק גם מעט מהעין המביט עליו. בעזרת חק זה יפליאו הציירים עשות בציירם על לוח פרחים מעשי צעצועים בעלים וגבעולים מצבעים שונים, כהים ובהירים, באופן אשר האדם המביט עליהם יראם כאלו צבורים המה זה על זה וזה אחרי זה ולא יחוש כי עומדים המה על שטח אחד ישר, אך יעריכם כאלו זה לפני

*) זאסניץ (השמש), ופירוש המלה איראדיאסאן הוא התפזרות קרני האור.

זה אחרי שטח הלוח. תעות זו יסודתה בתעות זיו האור שיולד מבהירות וכהות הדברים השונים המובטים. חזיון תעות העינים, בהערכתן את הבתים וההרים מכוסי שלג קרובים הרבה יותר מן ההרים לוטי ערפל ואד בלתי שקוף (אף כי כלם במרחק אחד מן העין ימצאו), ימצא פתרונים מדברינו הנזכרים פה, ומעתה לא יתעורר לב הקורא בקרבו לשאול פשר גם על הערכת מקום נר מאיר מרחוק קרוב יותר אל העין ממקומו האמתי.—

גם בסבת התערכות העין (V; י.) יתעה האדם במשפט לא צדק להעריך איזה גשם במרחק אשר שמה יראה ולא ימצא. זוית הראיה של גשם קטן וקרוב יוכל להשתוות לזוית הראיה של גשם גדול ורחוק בהיות מצבם בערך קצוב במרחקם מן עינינו, ולולא הדמיון שהיה לנו כי אז לא יכלנו להבדיל ביניהם, אך בידענו, כאשר יורנו רוח השכל, כי אחד גדול מהשני לכן יוכרח להרחיק מעט את האחד מן השני; אולם לפעמים יקרה כי כח הדמיון יתעה ואז נוציא משפט מעוקל. אם יעריך האדם את עיניו להביט על עוף מעופף מרקיע השמים גבוה הרבה מן הארץ, ואז אם יתעופף איזה זבוב קטן במרחק קטן מן העין ישפוט האדם כי עוף גדול במרחק עצום מן העין התעופף עתה מול עיניו. העין התערכה לקבל ציור מוחשים רחוקים להגיש לפני כח המדמה שישפוט גדל הגשם, ולכן עתה יתעה כח המדמה ויצא לו הזבוב בדמות עוף. כן נראה לפעמים את ההפך: אם נביט בעינים חודרות על איזה זבוב המרחף על פני הזכוכית אז יראה הגשם העומד רחוק הרבה מעבר פני הזכוכית והלאה כאלו קטן הוא מאד, ובהעריכנו את גדלו נתעה הרבה, באשמת כח הדמיון אשר יתעינו.

גדל הגשם ידע כח הדמיון בהעריכו זוית הראיה אל מרחק הגשם המובט, ומרחק הגשם יצא בהעריך כח הדמיון גדל הגשם הנראה מול קבוץ הדברים הנמצאים בין העין יתגשם המובט, לכן (V; ח.) בהתגדל המרחק יתקטן הגשם ולהיפך. בכל זאת יביט האדם על רוב דברים רחוקים מאתו וישער אל נכון את גדלם, והמה הדברים אשר הביט עליהם גם מקרוב מנעוריו וכבר הכיר את גדלם האמתי שור, סוס או שה אם יראה לנו גם ממרחק עצום גם אז יכיר האדם המביט, את גדלו ויעריכו מבלי החטיא המטרה; כן גם אם את רעהו יראה מרחוק יכירו וידע את גדלו הנכון; אם יביט מרחוק על בית חומה אשר בו יגור וידע את גדלו, גם אז יכיר ויעריך אל נכון גדל החומה אף כי זוית הראות קטן הוא מאד מאד, כאשר יוכח בהביאו את ידו בין עיניו ובין החומה ויראה כי היד תעצר בעד העין לבלי ראות החומה, אות הוא כי זוית הראות של היד גדולה מן זוית הראות של החומה; אם יביט ממרחק עצום על איזה עץ גבוה מאד גם אז יעריך אל נכון את גובה העץ, אף כי זוית הראיה שלו תקטן הרבה גם מזוית הראות האצבע היותר קטן, כאשר יראה כי הזרת המובאה בין העין ובין העץ

תעצור לבלי יראה העץ. כח הדמיון בידעו מכבר את גדל הגשם יעריכו בהגדל ההוא גם אם מרחוק יראיהו.

ה.

ההתעוררות שיביא גשם מאיר אל העין.

לא אך תאר ומרחק הגשם לבד יפעל על ראות העין, גם זהרו ובהירותו יפעלו הרבה, וכבר דברנו מעט מזה (V; ט.): כל גשם בהיר מגדיל הרגשת העין, גם בהיות זוית הראות קטנה מהמדה הדרושה בעוד גשם שני אשר בהירותו מעט יעלם ולא יראה (V; ט.) יען כי ההתרגשות על עור הרשת תתגדל בהתגדל כמות בהירות האור.

אם יביט האדם משך רגעים אחדים עלי גשם מואר או מאיר, ואחרי כן, או כי יעביר את עיניו ממנו או כי הגשם יסוף אורו, ידמה בנפשו כי ראהו בכל העת אשר הגשם הפיץ קרני אור; אולם לא כן הוא בפועל, ההתרגשות שתביא איזה קרן אור על עור הרשת לא תחלוף בהרגע אשר תתום קרן האור ותחדל מבוא בהעין, לכן יראה האדם איזה גשם בעוד אשר כבר עבר מן העולם, כי ההתרגשות אשר הביאו קרני האור על עור הרשת עוד תשאר עד זמן קצוב בעוד אשר קרני האור כבר חדלו מבוא בהעין. זמן הראות הגשם באופן הזה לא שוה הוא בכל אור ואור, כי בהתגדל בהירות האור יתגדל גם זמן הראות הגשם, ובהתקטן הבהירות יתקטן גם הזמן ההוא; משך זמן הראות הברק הוא קטן עד מאד כי כרגע אחרי הולדו יעלם ואיננו; ואולם ההתרגשות שהביא על עור הרשת לא תחלוף בהעלמו לכן ידמה האדם כי הברק היה על הארץ משך רגעים אחדים. שחוק יעשו להם הנערים בקחתם גזרת עץ גפרית וידליקוה ויניעוה הנה והנה ידמה המביט כי קוים ארוכים של אש יעמדו לפניו; או אם כגלגל יסובבו את הכפים הבוער באש סביב סביב, יראה לעין המביט כאלו ימצא גלגל אש, ואנחנו הלא ידענו כי אך נקודה מאירה זאת תמצא אשר תתנועע; גלגל גדול, אשר פניו צבועים בצבעים רבים ושונים, לאמר: כל חלק קטן ממנו יהיה צבוע בצבע מיוחד, אם יסתובב במהירות גדולה עד למאד לא נוכל להכיר את כל הצבעים ההם ולהבדיל ביניהם, אך תבלול צבעים נראה על כל החזיונות האלו נמצא פשר בדברינו הנזכרים למעלה והוא: בעמוד הנקודה המאירה באיזה נקודה א׳ בגלגל אשר תסתובב בה, יעיר ההתרגשות בעין המביט ובעוד תמצא ההתרגשות כבר עברה הלכה לה הנקודה המאירה מן א׳ ונעתקה

אל ב ומשם אל ג, ואז ההתרגשות שתעיר הנקודה בהמצאה בהנקודות האלו יתאחדו עם ההתרגשות אשר עוררה א ולכן ירגיש האדם כאלו תמצא קשת אש אשר תעמוד מהנקודות א,ב,ג; אולם הנקודה המאירה לא תעמוד על עמדה ותמהר לרוץ אורח בעוד אשר לא תמה התרגשות הנקודה א, בהאופן הזה יראה האדם קשת אש יתנועע בעיגול, וגדל הקשת יתערך לפי המהירות אשר בה תתנועע הנקודה המאירה, יען כי בהתגדל המהירות תמהר הנקודה לרוץ בהזמן אשר עוד לא תמה התרגשות הנקודה א מן העין. אם נמהר להסב את הנקודה המאירה באופן, אשר תסוב את כל גלגלה בהזמן אשר עוד לא תם התרגשות הנקודה א, אז יראה לעינינו כאלו גלגל אש יתנועע סביב, כי במשך זמן סבוב הנקודה המאירה גלגול שלם עוד יחוש האדם את ההתרגשות של כל הנקודות מסביב.—

הנה מצאנו כי בהתגדל מהירות הנקודה המאירה תתגדל תעות ראות העין, ומה תהיה אחרי אשר נרבה למהר ולהסב את הנקודה עוד יותר ממהירותה אשר בה תתנועע בהראותה כמו גלגל אש ותסתובב במהירות גדולה מאד ונמרצה? הגם אז תרבה הנקודה המאירה, להתעות את עינינו? הנסיון הורנו כי בהסתובב הנקודה במהירות גדולה מאד ונמרצה תעלם כליל מן העין ולא תראה, גם אם בעינים חודרות יביט האדם עליה ויבקשנה. לא ימצאנה, ולא ידע מקומה איה. ומדוע יהיה כדבר הזה? יען כי בהיות הנקודה במצב המהירות הנמרצה לא תוכל להעיר איזה התרגשות על עור הרשת, כי ברגע אשר תתחיל להפיץ אור כבר חלפה עברה ואיננה. נדע מזה כי אך אז תוכל איזה נקודה מאירה להביא את העין בהתרגשות בהתמהמה איזה זמן קצוב במקום קצוב, אך בהתקטן הזמן או בהתגדל המקום אז לא תראה עוד כי לא תוכל לפעול מאומה על העין, והעין לא תתפעל ממנו כמו שלא תתפעל מן מהירות התגעשות הרעדות האטהער, הממהרות על המספר 762 בילליאן בזעקונדע אחת אשר תחוללנה פעולות חימיות והעין לא תרגישן. טופת מוכיח אמיתות דברינו הוא בלתי הראות כדור היריה היוצא מקנה רובה. כי בהתנועעו במהירות עצומה לא יראה לעין האדם.

ו.

כלי שעשועים

על אדני כח ההתעוררות שלא יעבור כליל מהרה, נוסדו כלי המשחק וכלי השעשועים שעשו אנשים מאנשים שונים להפליא עין האדם, ואיזה מהם נזכיר פה, ואת פני הקורא נשאל, (אחרי אשר בימינו אלה לא יזכרו

ולא יפקדו דברים כאלה שלכן לא יוכל להשיגם לראות אם כנים הדברים) לעשות בידיו ככל אשר נורנו פה ויוכח כי אמנם יוכל חוש הראות לתעות ולשפוט כי יראה איזה דבר בעוד אשר הדבר ההוא יחלוף כליל מנגד עיניו.

אם נביט זמן רב מבלי הרף ובעינים חודרות על גשם בהיר מאד העומד בין שטחים כהים ואם גם נעצים עינינו אחרי כן מלהביט, או הגשם יפול ארצה או אם איזה איש יקחנו משם בידיו אז נכיר עוד זמן רב או מעט (הכל לפי הארת פני הגשם וזמן ההבטה) על השטח הכהה את הגשם ההוא אם נביט זמן רב על כתם אדום, צהוב או כתם צבע אחר ובהיר המצויר על שטח ניר עב בלתי שקוף, ומהר נהפוך את העלה לעבר השני ושמה נביט, עוד נכיר כרגע את דמות הכתם ההוא גם על השטח השני ונאמין למראה עינינו כי גם על השטח השני ימצא כתם צבוע כמו בראשון. אם נביט זמן רב על השמש בעינים פקוחות בלי עזרת זכוכית כהה, נכיר גם אחרי העבירנו את עינינו מן השמש, את דמותו על כל גשם וגשם אשר נביט; משך זמן ראות הגשם, או כאשר נדבר פה: השמש, על הגשם השני לא שוה הנהו בכל פעם כי זאת תלויה בזמן ההבטה על הגשם, ולפעמים נוכל לראות הגשם ההוא משך ירחים או שנים, כאשר קרה לי: אחרי אשר הבטתי לפני שנה זמן רב בעינים פקוחות על חלק השמש הנשאר בהיר ולא כסהו הירח אשר האפיל את פני השמש מעט בלקוי חלקי, משך יותר משנה שלמה הכרתי על כל גשם אשר הבטתי עליו דמות השמש הבהיר, עד כי יראתי פן תשאר ההתעוררות הזאת לעולמי עד. ההתעוררות הזאת מעט מעט תכלה ותבטל עד כי איננה עוד. — כן הכינו אנשים שונים ציורים מציורים שונים, ולא יפלא עוד בעיני הקורא בראותו דבר נפלא ציור איש שלם, בהביטו על לוח ניר אשר שמה מצויר ציור האדם מחציו ולמטה, אחרי הביטו זמן רב על ציור האדם מחציו ולמעלה המצויר מעבר פני הנייר, והוא כי התרגשות שהביא הציור הראשון אשר הביט עליו בראשונה עוד לא תם גם עתה בהביטו על הציור השני, ובעזרת כח המדמה יאחדם לציור אחד

כן העריכו חכמים שונים מכונות שונות להפליא עין האדם, להם קראו בשם ט ה א ו מ א ט ר א פ, ואחדים נערכו לראות תנועת איש הולך, רץ או פוסח, המה ציירו על לוח ציורים רבים של איש אחד, קרובים אחד לרעהו ואשר מצב התנועה בדמות האנשים יתגבר יותר ויותר בהתרחקם זה מזה, לאמר: ציור איש הראשון יראה כאלו יעמוד ישר. השני יראה כאלו התחיל להתנועע, בשלישי נכיר כי הרחיק מעט את הרגלים אחה מהשנית, ברביעי — הרחיק הרבה וכן הלאה, ואז אם נעריך את לוח הציורים האלו באופן אשר נוכל לראות אך ציור אחד ובעזרת הגלילה נוכל להעביר את ציור האחד והשני יקח מקומו, נכיר היטב בגללינו מהר את הלוח את מהלך האדם, יען כי ההתרגשות לא תעבור כליל גם בהביטנו על הציור השני, ועינינו תראינה את השתנות האדם בתנועתו. כן יוכל הקורא להבין מדעתו

כי כל מיני תנועות האדם נוכל לראות באופן זה, ולא מעט הוא מספר ההכנות השנות כאלו, אשר העריכו החכמים באופן זה להפליא את עיני האדם, וכלם יתבארו בעזרת השארת ההתרגשות העין בהביטה על איזה גשם.

ז.

ציור דומה ומדומה.

ההתרגשות של עור הרשת שיביא איזה גשם מובט, שיראה גם אחרי נסתיר עינינו ממנו לא מעטות פעולותיה להתעות את עין האדם, בעת לא יוכל האדם להתבונן היטב ולהוכח כי מחזות שוא המה; ובאופן נאות נוכל להגדיל את החזיון הלזה ולהאריך זמן הראותו שאז נוכל לראות היטב דבר אשר לא ימצא ואשר לא נביט עליו, ואלה המה האופנים אשר נערכו בעזרתם „עושי ומראי נפלאות" שזכרנום: טהאומאטראפ (1827) והנקוב בשמו מאת ממציאו שטאמפפער (1832) שטראָ־באסקאפ או מראה־תנועה שיראה תנועת והעתקת איזה גשם ממקומו או בשנותו מצבן בהילוך או בפעולה, והדומה לו (המצאת פלאטא) הנקרא בשם פהאנאקוסטיסקאפ.

הציור הזה אשר יראה מהשארת ההתרגשות על העין לבד יקרא ציור דומה והוא מחויב (פאזיטיו לאמר: הציור הדומה דומה הוא בכל לציור הגשם בהביטנו עליו ישר שהוא ציורו האמתי. אחרי כלות הראות הציור הדומה יראה ציור מדומה, ציור משולל (נעגאטיו): ציור המתנגד בצבעו לצבעי ציור הראשון הדומה. בטח גם הקורא התבונן על זאת כי לא לעתים רחוקות יראה ציור במקום חשוך אחרי כבות המנורה או העצימו עיניו מלהביט, בעוד אשר טרם כבה המנורה או בעוד פקוחות היו עיניו הביט זמן רב עליו, ואחרי עבור רגע יהפך הציור מבהיר לכהה אם בהיר ציורו האמתי, ומכהה לבהיר בהיות ציורו האמתי כהה. ציור הראשון יקרא דומה והשני — מדומה; ערך הראשון להאחרון כערך ציון המוסיף (+) אל הגירע (—). בחינוה כאלו יוכל הקורא להעריך בהביטו זמן רב על לוח מלא ציורים בהירים בלתי צבועים ובהסירו מהר עיניו על לוח כהה.

מאד נהדרו הבחינות בהתאחדות הצבעים זה בזה בעזרת יסוד הטהאומאטראפ! הבחינות הראו לדעת כי אם נציג בלוח עגול (ציור 35) גזרות זכוכית שונות המשונות בצבען זאת מזאת ונסובב מהר מאד את הלוח סביב מרכזו אז, כמובן, יפלו ציורי אור רבים ושונים זה על זה בעור הרשת. אשר יכסו זה את זה בצבעיהם השונים והעין לא תוכל להפריד

בין הצבעים השונים ולהרגישם לאחדים, ולכן תרגיש, אם תמצאנה בה כל הצבעים השונים אשר בקשת — אור לבן (VIII). כן יראה לנו הלוח בצבע לבן אם זכוכיותיתיו יהיו מצבעים משלימים (קאנפלעמענטארפארבען) שהנה: אדום וירוק-תכלת, חכליל (אראנז) ותכלת (DIII) וכן הנשארים. פשר החזיונות האלו יתבאר להקורא אחרי קראו מאמרנו הלאה אשר יבאר תורת הצבעים (XIII). אם נביט זמן רב על ציור אדום. חכליל או ירוק המושם על שטח לבן ואח"כ נסיר מהרה את הציור מן הלוח הלבן נראה את הציור בצבע ירוק-תכלת, תכלת או כתולע (פורפאררַאט) שהוא צבע המשלים (קאנפלעמענטארפארבע) להירוק. אם נביט זמן מה עלי השמש בעין בלתי חמושה, אז בהסירנו אותה מהר ממנו נראה ציור דומה אשר יחלוף מהרה כליל וציור מדומה יקח מקומו; הציור המדומה הוא בצבע המשלים לצבע אור השמש המורגל. כן נמצא חזיונות מחזיונות שונות אשר יסודתן בהחזיון הזה. פשר החזיון הזה כפי אשר הורה פעכנער (1838) הוא כי: אחרי אשר תתרגש העין מאיזה ציור של איזה גשם תרפה ממלאכתה ותראה תמונתו בצבע ותואר הפוך ומתנגד: בהיר לכהה, כהה לבהיר, וכל צבע רק משלימו יהיה, חזיון נוסף להראשונים נוכל להזכיר, שבהיות באיזה חדר שתי חלונות, באחת יעבור אור לבן דרך הזכוכיות הבלתי צבעות המושמות בה ובהשנית יעבור צבע אור מיוחד, אדום, צהוב והדומה להם אז יראה הצל, אשר מאחרי איזה גשם של האור הצבוע, בצבע המשלים, כמובן.—

ח.

התערכות העין.

הנה בארנו את השנוים אשר יוכלו לבוא אלינו מהגשם הנראה, ונדע את אופני השנוים אשר לפיהם ישתנה ראות הגשם; אולם גם מרחב ומקום הראיה יוכל לשנות ראות הגשם. והוא התנועה. כל תנועה ותנועה אשר תשנה מקום איזה גשם מובט תורגש להעין בהעריכה מקום הגשם לגשמים אחרים הנמצאים בתוך מרחב הראיה: אם המרחב שבין שני גשמים יתגדל נבין כי הגשם הנערך יתנועע לאחור (ריכקוועדטס) מן הגשם המעריך ואם המרחב יתקטן נבין כי הגשם ההוא יתקרב על הגשם ומגמת פניו קדימה (פָאָרוועַרטס). נמצא כי אך נוכל להוציא משפט ברור כי הגשם המובט יתנועע אם נוכל למצוא גשם, אחר בתור מעריך, ומהשתנות המרחב ביניהם נרגיש תנועת הגשם; אולם אם יחסר לנו גשם מעריך אשר נוכל לשפוט על השתנות מקום הגשם המובט לא נוכל לדעת אם הגשם המובט יתנועע,

ונחשבנו לגשם עומד ונח במקומו. גם בהמצא גשם מעריך אך אז נוכל להבין תנועת הגשם המובט בדעתנו בטח כי הגשם המעריך במקומו יעמוד, ינוח ולא יתנועע מאומה; כי לולא זאת נוכל להוציא משפט מעוקל כי הגשם המעריך יתנועע והמובט יעמוד וינוח; אך אם יודע להאדם, בעזרת נסיון או בעזרת שכלו כי המעריך יעמוד יבין אז כי המובט יתנועע. היאמין הקורא כי העין לבד לא תוכל להרגיש תנועה אמתית בלי עזרת איזה ידיעה מראש? אם לא יאמין למשמע אזניו ישאל לדור ראשון, ויאמרו לו כי השמש, הירח וצבא המרום במרום יתנועעו סביב הארץ בכל יום ויום והארץ לעולם עומדת, וגם כל איש אם למראה עיניו ישפוט יאמר כי כן הוא, אף כי בא קאפערניקוס והבאים אחריו וברוחם הכביר הראו לדעת כי הארץ תתנועע וצבא השמים יעמדו במקומם מבלי העתק משם.

האדם אם יעמוד לשפוט על תנועת איזה גשם והוא בעצמו יתנועע ימהר להחליט כי הגשם השני יתנועע וכי הוא יעמוד במקומו, לכן יחליט האדם כי סובב הולך השמש והארץ תעמוד יען כי הארץ היא נקודת ההבטה מזה נבין כי האדם אשר ימצא במרכבת הקיטור אשר תריץ במהירות עצומה הלאה ישפוט בהלפו עמה לפני מרכבה שניה עומדת כי הוא יעמוד במקומו והמרכבה השניה תתנועע בתנועה מתנגדת, ובטח ראה הקורא או שמע, כי בהתנועע מרכבה-קיטורית במהירות גדולה יראה לעין האדם היושב בה כי כל העצים, הבתים והאבנים הנמצאים על יד הדרך יתנועע בתנועע מתנגדת. לתנועת המרכבות. *)

בטח יתעורר הקורא פה לשאול: מדוע יראו הדברים העומדים קרוב למסלול הברזל כאלו יתנועעו בתנועה מתנגדת לתנועת המרכבה, והדברים העומדים רחוק הרבה מן המסלול יראו כאלו יתנועעו קדומה, לאמר בתנועה ישרה בנטיתה לנטית תנועת המרכבות? הן שאלה היא ולפתרון היא צריכה: מראש כל נשים לבנו להבין סבת ראות השתנות העתקת הגשמים השונים. נניח כי המרכבה תתנועע קדימה במהירות ארבע אמות בכל רגע. הדבר העומד קרוב מאד אל המרכבה יראה כאלו יתנועע בתנועה מתנגדת במהירות שוה אל תנועת המרכבה — ארבע אמות בכל רגע; אולם כל אשר יתרחק הגשם מן המרכבה ואשר יעמוד באיזה מרחק ממנו הצדה עת תעבור המרכבה מול פניו יראה כאלו יתנועע בתנועה מתנגדת ובמהירות הקטנה מעט ממהירות המרכבה, באשר זוית הראיה של מרחב רחוק התקטן (V; ח.) וארבע האמות יראו לעין המביט במדת שתי אמות, לכן יראה להאדם כאלו הגשם

*) החזיון הזה יפליא עוד יותר את עין האדם. בעמדו על גשר ארוך בעת לכת המים. אז, אף כי ידע ברור שהמים הולכים והגשר עומד, בכל זאת התעינה אותו עיניו, בתביטו המימה. עד כי נכון הוא לקפוץ ולהשבע שהמים עומדים והגשר הולך. (המלבה"ד).

ההוא, יתנועע במהירות הקטנה עד החצי ממהירות הגשם העומד קרוב אליו. מזה נבין כי כל אשר יתגדל מרחק הגשם המובט מן האדם, אשר מזה תתקטן זוית הראיה יראה כאלו התקטנה תנועתו, עד כי הגשמים העומדים רחוק הרבה מאד מן האדם ואשר ארבע אמות בהמרחב ההוא יולידו זוית קטנה מאד כמו רחב השערה ועין האדם לכן לא יוכל להתבונן על העתקת הגשם כמלא רחב השערה ברגע, ויען כי הוא ישנה מקומו ובהגשם ההוא לא יוכל להרגיש שנוי מקום יתדמה כאלו ילך אחריו בתנועה ישרה אל נטית תנועתו. נמצא כי גם אם במהירות היותר עצומה נתנועע בעזרת מרכבה-קיטורית עלי הארץ לא נוכל לראות תנועה מתנגדת בהירח אשר תתחלך אז על חוג שמים, ויראה כאלו תתנועע ישר עם האדם והמרכבה, באשר ילך הוא שמה תלך גם היא למראה עינים. —

בסוג החזיונות האלו יחשב גם עוד חזיון נפלא אחד אשר יוכל הקורא להעריכו בדיו, והוא: אם יקרה לו לנסוע באנית הקיטור יתלה במכסה או בקיר האניה תקות חוט ויקשור מתחתיו איזה משקל (והוא אנך או מ ט ו ט ל ת); אז כמובן לא תעתק האנך ממקומה הטבעי כי תמיד תמשך למרכז הארץ אולם האניה תעלה או תרד מעלה או מטה בגלי הים הזועפים וידמה כי החוט המשוך־האנך יתנועע אנה ואנה.

ט.

משגה בהשגת העין.

גם על ראות מקום הנח במקומו ישפיע הרבה איכות ותואר מרחב הראיה. כל מקום או מרחב אשר ימצאו בו דברים מדברים שונים נפוצים על פני כל רחבו יראה ג ד ו ל ו ר ח ב יותר מבהיותו חפשי מהם. שדה נטועה בעצים שונים תראה גדולה משניה דומה לה בגדלה, אשר שטחה איננו מכוסה ואשר תואר אחד להן בכל מרחביהן; יריעה צבועה בצבעים רבים ושונים תראה כי גדולה היא מכעלת צבע אחד, אף כי שוה תהיה להראשונה; בגדים יגדילו את גדל לובשיהם בהיותם מלאים צעצועים ואזורים; את שטח השלחן נעריך גדול יותר בעת המצא על שטחו העליון כלים שונים מבהיותו נקי מהם; נהר המלא לו אניות יראה כאלו גדול הוא מבהיותו חסר אניות; הקו המנוקד fg (ציור 36) יומד למראה עינים, כי ארוך הוא הרבה מהקו המשוך הדומה לו fe; המרחב ac (ציור 37) או הדומה db יראו ארוכים מהמרחב (אשר בעזרת המדידה נוכח כי שוה הוא לראשון,) או מהשני השוה לו — cd, יען כי המרחב הראשון מלא נקודות רבות העומדות אחת אחרי השנית אשר לא כן באחרון, בו נראה אך קוים משוכים,

הזוית hki (ציור 38) תומד כי רחבה היא מהשנית (אשר בפועל שוה היא לה כאשר תורנו המדידה) h'k'i. יען כי הראשונה מחולקת על ידי קוים. פשר כל החזיונות האלה הוא: המרחב, הבלתי שוה בכל חלקיו ימשך אחריו את העין המבטת להתבונן על כל חלקיו השונים, שלכן תתבונן הרבה על השטח ההוא, אשר לא כן במרחב ישר על פני כל שטחו. עתה יוכל הקורה למצוא באור על אשר נראה כי אלכסון השמש כמו הירח יראה גדול הרבה, בעמדם קרוב להאופק בעלות השחר או לעת ערב מבעמדם לעת הצהרים ברום שמים בנקודת הקדקוד, יען כי בעמוד השמש או הירח קרוב להאופק ימצאו גשמים ארצת רבים בינו ובין העין המבטת. דברינו אלה יפתרו גם את הערכת מרחק האופק, כי גדול הוא למראה עינים ממרחק נקודת הקדקוד, כאשר יבין כל קורא משכיל מראש.

גם בהערכת קוים ישרים ועקומים נטעה להוציא משפט מעוקל, אשר יתעינו קו או קשת אחר העומד בנטיה על הנערך, לא יאמין כל איש אם יאמר לו כי הקו n n' הנחתך מהקו העב AB, קו אחד הוא, לאמר: כי הקו n' הוא הארכת הקו השר n. שאם נאריכו בנטיה ישרה יתאחד עם הקו n' לקו אחד ישר. הארכות הקו n יעמוד מעל הקו n' יאמר, וכן יאמר כל איש אם למראה עיניו ישפוט; אולם אם יקח בידיו קו מדה ישרה יוכל לראות כי קו אחד הוא: כן ימהר כל איש להחליט לפי ראות עינו כי הארכת הקו I הוא I' והארכת קו m הוא m' בעוד אשר בעזרת בחינה נוכח כי m' הוא הארכת הקו I, והקו I' ימצא על, והקב m ימצא תחת הקו הישר Im'; האיש אשר יביט אל הקוים a'd,c,b,e (ציור 40) העומדים אחד מול השני ימהר לשפוט כי המה יכרעו בחציתם f, באופן אשר a, b; c,d, ילכו ויתקרבו יותר ויותר אחד לרעהו עדי הגיעם אל f. שמשם ישובו להתרחק, והקוים e,b ; b,c ילכו באופן מתנגד להראשונים, בעוד אשר בעזרת המדידה נוכל למצוא בנקל כי הקוים האלו מקבילים המה אחד לרעהו וכלם ילכו בנטיה שוה בלי כל עקמימות: הקוים הנוגעים לשטח העיגול (ציור 41) יראו כאלו יטו את תוכם ונקודת אמצעיתם להעיגול, בעוד אשר הבחינה תאלפנו כי קוים ישרים המה: הקשת מאיזה עיגול (ציור 42) אשר יתחבנה יתר מכל העיגול תראה כאלו איננה חלק מהעיגול הזה אך חלק היא מאיזה עיגול אחר אשר אלכסונו קטן מאלכסון עיגולה: הקו החותך איזה עיגול יראה כאלו שבור הנהו, והחלק שימצא כתוך העיגול יראה בתמונה עיגולה, כמו שיראנו הקו a (ציור 42) שבתמונתו יראה הקו bc: העיגול הארוך (עליפזע) אשר יולד (ציור 43) מחתיכת שני עיגולים זה את זה יראה כאלו הקוים הגבנונים המגבילים אותו לא יתאחדו להעיגולים אשר נחתכו מאתם. בכל הנסיונות והחזיונות אשר הראנו פה נמצא כי: אם יחתכו שני קוים, ישרים או עקומים, זה את זה אז יראה כי „יתרהקו" זהסזה

ותתגדל הזוית או הגבנוניות. ובטח התבונן כבר גם הקורא על חזיונות כאלה: בקראו בספר או בכתבו מכתב, אם יניח איזה גשם המוגבל בקו ישר בנטיה עקומה על השורות הכתובות או הנדפסות ידמה כי השורות האלו תלבנה ותתרחקנה יותר ויותר בהתקרבן אל הגשם ההוא.

הנוכל מעתה להאמין אך בראות העין בלבד? הנוכל להחליט כי כל אשר תראה העין כן הוא? הלא ראינו כי גם היא תתעה לפעמים ותוצא משפט מעוקל. לכן יאמר טוב מראה עינים עם הלך נפש, כי לולא רוח האדם שהיה בעזרת הראות כי אז יכלנו לתעות לפעמים בתוהו לא דרך.

י.

הרגשה הצבעים.

השמש ירעיד את האטהער בהרעדות שונות, ומזאת יולדו הצבעים השונים (I; ט.) הרכבתם תוליד צבע בלול. או כאשר לא יחסר המזג— אור לבן, ובהעדרם יראה שחור. רבבות גשמי התבל יראו בצבעים שונים אחד מרעהו. פרטי הלמוד הזה נבאר הלאה (XIII), ופה בדברנו ע"פ ראות העין לא נוכל לעבור מבלי להשיב על השאלה, אשר בטח ישאלנה כל קורא משכיל, איככה תרגיש העין את כל הצבעים הרבים והעצומים האלו? האם נוצרו עצבים מרגישי האור באופנים שונים באופן אשר את כל צבע מיוחד ירגישו עצבים מיוחדים? ואיככה נרגיש אור לבן? נפן עתה למצוא פשר על השאלה הזאת:

הן נדע כי ימצאו אנשים אשר עורים המה לצבע מיוחד, אשר לא יוכלו הרגישו, עורון כמו זה יקרא עורון-צבע (פארבענבלינדהעיט, דאלטא-ניזמוס). עורון-צבע לא ישתוה בכל האנשים, כי ישנם אנשים אשר צבע אדום, צהוב יעלם מהם וכן ימצאו אשר אור ירוק, ירוק-תכלת לא יראו ועוד באופנים שונים, את החזיון הזה לא נוכל להבין בלתי אם בהניחנו כי הבדים והשבטים (V; ד.) לא יתפעלו ולא יתרגשו מהאור, ולא נוכל לאמר כי באנשים כאלה אך צבע מיוחד לא ירגישו העצבים, יען כי עצב מת לא ירגיש מאומה הלא נבין כי לא נשגה בהוציאנו חק כי עצבים שונים נבראו בעד הצבעים השונים.—

עורון הצבעים יפרד לשני סוגים ראשים, בסוג הראשון יחשבו כל האנשים אשר את כל הצבעים אדום, חכליל וצהוב וכל הצבעים הדומים להם בשם צהוב יקראו; אולם את הצבעים הנשארים מירוק עד תכלת ירגישו

היטב, להם בשם עורן-אדום יקראו. בסוג השני יחשבו האנשים אשר אור ירוק והקרובים אליו יעלמו ולא יראום, והצבעים אדום ופיאלעט יראו וירגישו היטב. עורון כמו זה בשם עורון-הירוק יקרא. עוד עורון שלישי מלאכותי נוכל למצוא, והוא: אם יבלע אדם מעט מן נאטראן החמצי-סאנטאניני (סאנטאנין זאורעס נאטראן), אז כעבור רגעים אחדים ירגיש כי הצבע הפיאלעטי כליל יחלוף ולא יראה עוד, גם הצבעים הקרובים אל הפיאלעט והנחשבים בסוג צבע התכלת יעלמו מאתו ולא ירגישם עוד. העורון-המלאכותי הזה יקרא עורון הפילעטי. מעתה נחלוט, כאשר כן גם חכמים שונים ישפטו, כי הבדים והשבטים מרגישי הצבעים שלשה המה למיניהם: מרגישי צבע האדום, מרגישי צבע הירוק גם מרגישי צבע הפיאלעטי. בהביט האדם על דברים צבועים בצבעים שונים אז כל צבע יורגש מהבדים אשר בשמו יקראו לאמר: את הצבע האדום ירגישו הבדים מרגישי צבע האדום, כן הירוק והפיאלעט. את צבע הצהוב יראה האדם בהתרגש מעט הבדים מרגישי צבע האדום והירוק, וכל אשר יתרחק הצבע מהאדום ויתקרב להירוק כן תרבה התרגשות הבדים מרגישי צבע הירוק וכן ירבה האדם להרגיש צבע הדומה יותר לירוק, כן הוא בהצבעים הנותרים. אם העין תקבל אור מכל הצבעים השונים אז יתרגשו כל שלשה מיני הבדים וכלם יחד ירגישו אור, וההרגשה הזאת בלולה היא וקשה ההפרדה, לאמר' הרוח בשפטו את איכות הצבעים לא יוכל להפריד בין ההרגשה הזאת להרגיש את הצבעים השונים למיניהם היסודים אך ירגיש תבלול הצבעים להרגשה מיוחדת — ל ב ן. אם מאיזה סבה ימותו בדים אחדים מסוג מיוחד אז יהיה האדם עור-צבע. עור כזה לא לבד אשר לא יוכל לראות את זהר וטהר צבע מיוחד, אך גם האור הזך המלא זיו חיים — הלבן יעלם מאתו, ואת אשר יקרא הוא לבן נקרא אנחנו אור בלול מצבעים אחדים.

עד סוף המאה העברה לא נודע לאנשי החלד מהעורון הצבעי, אך בשנת 1798 הרגיש חכם החימיה ד א ל ט א ן כי הצבע אשר יקראוהו האנשים האדום יעלם מאתו, כי הוא היה מעורי צבע האדום מני אז נסבה החקירה על אנשים רבים ושונים מוכי עורון כזה, ויען כי דאלטאן היה הראשון אשר גלה זאת, לכן תקרא למזכרת עולם על שמו. מעתה נחוץ לראות כי האנשים אשר ישגיחו על מסלות הברזל לא יהיו ממספר העורים האלה, יען לא יוכלו להכיר את הצבע האדום — אות ההכרה, אשר יתנו מפקחי מסלת הברזל.



יא.

ראות העין וראות הרוח.

חזיון נפלא ומבהיל הוא, אם עת יברוק ברק נתבונן על לוח מתגולל או מרכבה מרקדה או על סוס רץ! המפקחים על מהלך מרכבת-קיטור יספרו לנו כי ישתומטו בראותם כי גלגלי המרכבה יעמדו על עמדם כל העת אשר יברוק הברק, כן יקרה לפעמים גם אותנו אם נתבונן על עוף מעופף בברוק ברק או אם נתבונן על העתקת והסתובבות גלגלי מרכבה דוהרת — אז נמהר לשפוט כי התנועה נפסקה. הגלגל (ציור 35) המורכב מגזרות זכוכיות בעלות צבעים שונים אם יתגלגל עת יברוק ברק יראה כאלו יעמוד על עמדו מבלי העתק אף כמלוא חוט השערה ונוכל להרגיש היטב את כל הצבעים, כי לא יראה אז תבלול צבעים אך נכיר כל צבע וצבע לבדו. לפי דברי חכמי הטבע נבין פשר חזיון זה: אור הברק לא יתמהמה אף כחלק האלף מזעקונדע אחת, ולכן בכל העת אשר התמהמה הברק (אף כי קטן היא עד מאד) לא התנועע הגלגל או המרכבה ולא מש ממקומו, כי בזמן המצער של התמהמות הברק לא יוכל הגלגל או המרכבה להתנועע בתנועה כזה שתוכל להראות להעין, כמו שלא נוכל לראות תנועת מורה חלקי השעות בשעון, או כמו שלא נראה העתקת השמש או הירח בזמן זעקונדע. אור הברק גדול עד מאד והתרגשות שיביא על עור הרשת לא תעבור מהר (VI; ה.), ולכן בכל העת אשר תשאר התרגשות אור הברק נראה את הגשם בעמדו על עמדתו מבלי התנועע.

כל החזיונות והנסיונות שזכרנו מראש מאמרנו זה עד עתה יאלפונו דבר אחד, והוא, כי לא כאשר יצויר בהעינים ישפוט הרוח (VI; ב.), והרוח יראה לפעמים דבר אשר העין לא תראינו, או כי הרוח יוציא משפט על ראות איזה גשם בעוד אשר הציור בהעינים מתנגד הוא לראות הרוח, כאשר נוכל להוכח בעזרת נסיון קל: אם גביא בקבוק זכוכית הפוך המלא לו מים עד חציו בתוך מרחב הראיה של איזה זכוכית גבנונית; אז אם נביא בתוך נקודת הציור זכוכית כהה או נייר משוח באיזה שמן (II; ו.) יראה הבקבוק ישר (IV; ח.), ומחציו ולמעלה יראו מים ומחציו ולמטה יראה אויר ראיה המתנגדת להנמצא בפועל יען כי הלא הזכוכית תצייר ציור הפוך. פשר ראות לפעמים המים למטה והאויר למעלה*) לא כהמצויר על הלוח הוא כי הרוח הסכין מעודו בעזרת הנסיון לידע ולראות כי המים ישכנו מתחת לאויר בסבת

---

*) אנכי נסיתי את הדבר הזה ויראו המים למעלה והאויר למטה ואולי מטעם אשר כבר הרגלתי בנסיונות כאלה פעמים רבות מאוד, ע"כ לא התעוני עיני. לא כן אנשים אשר חקי הטבע זרו למו, המה יוכלו לטעות בזה, כי לא יצויר אצלם היות מים למעלה ואויר למטה. (המלבה"ד).

בבדם המושכם למטה, לכן לא יוכל לשפוט פה כי המים ימצאו על האויר, דבר אשר לא יתכן לפי חקי הטבע.—

נמצא כי לא יתאים ציור הגשם בהעין עם משפט הרוח אשר יחרוץ, ומשפט הרוח יסוב לפי החקים והלמודים אשר נודע לו מיום התחיל להתבונן על מעשי הטבע, והמה דברינו הראשונים (VI; ב.) כי לא שוים המשפטים אשר יחרצו שני אנשים על גשם אחד הנראה להם, יען כי לא ישתוו הנסיונות הלמודים והמדעים אשר רכשו להם שני האנשים. ויען כי לפי ידיעות המדעוות אשר רכש לו רוח האדם כן יהיה משפט הראות; לכן אך אז יוכל איש לאמר כי עיניו לא יתעוהו אם ירחש לו נסיונות, למודים ומדעים ברורים ונאמנים. נראה מזה כי לא טוב יעשו האנשים המתרחקים מכל מדע ולמוד אמתי, כי בזאת יתרחקו גם מאמתות מפעלי הטבע ועינים להם ולא יראו, יביטו ולא ישינו, כי יוציאו משפטים מעוקלים על מעשי יה הנוהג עולמו לפי חקי הטבע.



VII

קרני חזית

א.

כנפי רוח.

מה ידאב לב האדם בראותו בעלי כנף יגביהו עוף במרומי שחקים ויתענגו על כל מפעלת הטבע במרחבי־אין־קץ. נפשו עליו תשתוחח על הבצר ממנו לעשות כמוהם ועל יוצר הטבע יזעף לבו על אשר מנע מתת גם לו כנפים למען יעלה גם הוא למרומי שחקים להתענג על רחבי תבל ממרום.

אך מה תשתוחח ומה תהמה בן אדם! אם כנפי נשר לא נתנו לך. הלא בכנפי רוח חננך היוצר. ואת אשר יחסר מגופך הלא תשיג ברוחך. כנפי הרוח אשר לך טובות הנה שבעתים מכנפי הנשר בהתרוממך עמהם ברגע אחד למרומי־אין־קץ להתבונן על כל צבא השמים בשמים ואת אשר יבצר גם מהנשר לעשות בכל ימי תלדו, תעשה אתה ברגעים אחדים, גם

לעיניך יתר שאת על עיני הנשר בהגרך עליהן קרני חזית, אז כל צבא השמים כספר נגולו לפניך ואין נעלם מנגד עיניך, ועתה בן אדם האם לא תשמח בחלקך? האם גם בזאת לא תתנחם נפשך על המנע ממך כנפים? דום בן אדם שום ידך לפיך אנוש אֱנוש כי כבר לקחת מיד הטבע כפלים או שבעתים על כל הנבראים.

ידעתי גם ידעתי קורא יקר כי תחמוד לדעת מי הוא הראשון אשר המציא המצאה נפלאה כזאת, ואשר מלא א״ת אשר מנעה הטבע מהאדם בהמציאו דבר נפלא כזה העומד בראש כל ההמצאות; אולם גם ממנו נעלם מי הוא, אך זאת נדע ברור כיום כי בסוף שנות המאה השש עשרה נמצאה במדינת האללאנד ומשם נפוצה על פני כל הארץ, ואח״כ הלוך הלכה והשתלמה ברבות התקונים אשר נמצאו בקרב הימים מאת חכמי לב. אם נשים לב לדברי החוקרים שהיו קרוב לפני התגלות קנה המצפה, נראה כי גם המה הרגישו כמעט את פעולת קנה המצפה: בכתבי ראגער באַקאָ במאה השלש עשרה ובספר „נפלאות הטבע" אשר כתב החכם פארטא (1858) מדובר אודות פעולות הרכבות-עדשות (לינזענקאָבינאַסיאָנע) בדרך לא רחוק מקנה המצפה, כאשר יאמר פארטא: „בהשקיפנו דרך זכוכיות שקערוריות וגבנוניות נוכל לראות כל דבר בהתגדלו אז לפני עינינו ובהתקרבו"; אך לא עלתה בידם להוציא את רעיונותיהם לאור, עד אשר באו ימי שנות המאה השבע-עשרה ועלתה בידי איש אחד — כנראה האיש האללאנדי, זכריה יאנזען — להביא תועלת-מעשי לתבל כלה. שלשה המה אשר אותם יחשבו לממציאי קנה המביט, שני עושי משקופים (במידעלבורג) יאנזען, שוכרנו וליפפערזהעי, גם יעקב אדריאנסף (מעטים), וכנראה יאנזען הוא הממציא הראשון יען כי עוד בשנת 1590 (?) גלהו, בעוד אשר הזמן אשר נודע על ידי ליפפערזהעי ואנדריאנסף הוא בשנת 1608. הסבה אשר עוררה אותו להמציא את ההמצאה הזאת היתה על ידי נער אחד שהביט בבית יאנזען עושה משקופים דרך עדשות אחדות, וזה די היה לעורר את ההמצאה הזאת משנתה ולהפיצנה במלוא רוחב התבל.—

גם התוכנים הקדמונים ידעו להביט דרך קנה ארוך, על הכבבים ותועלתו להשבית ולהכחיד את האור הצדדי לבלתי נתון לו מעבר לעין המביט, וקנה כזה אם בקצהו האחד המופנה לשמים נשים עדשה זכוכית גבנונית גדולה ובקצהו השני נשים עדשה שקערורית קטנה יקרא קנה מצפה המביט מרחוק ואשר גם מרחוק אור נראה לו; העדשה המופנה לשמים תקרא המצירת (אָבזעקטיף) והשניה, אשר בתוכה יביט המביט תקרא בשם המבטת (אָקולאר). החוקר הנפלא גאלילעי תקן (1609) בעדו קנה מצפה בתמונה ההיא אשר נתגלתה בהאללאנד. נלכה לראות את מהלך קרני האור בו: הזכוכית המציירת, לפי שבירת האור בה, תצייר במרחק שרפתה את הגשם. הרחוק השולח בה קרניו, בתבנית קטן והפוך ציור

מחויב, אולם הקוים האלו אשר יחדרו דרך המבטת לעין ישברו יותר אחד מרעהו לאמר: הקוים היוצאים מנקודה אחת טרם יבואו להתאחד שנית בנקודה אחת בתוך נקודת השרפה בפגשם את זכוכית השקערורית ילבו ויתרחקו עוד יותר, ובבואם לעין יראו, לפי נטית בואם בה, במרחק קצוב ובגודל קצוב.

כל המצאה חדשה אשר תהיה בארץ נחשבנה לפי התועלת אשר תביא לאדם, לכן גם זמן התגלות קני המצפה נחשוב את השנה 1608, שבעה שנים אחרי מות התוכן הגדול טיכא*), יען כי מני אז והלאה התחילה להועיל להאדם בהמצאות רבות ונעלות; בקני המצפה הטובות אשר עשה לו גאליליעי גלה את הררי הירח ובעזרת צלם נודע לו על פי החשבון גם מדת גבהם; איזה קבוץ ככבים הכיר לאחדים בתוך עב עולם (נעבעלפלעק) הנקרא קריפפע; המציא את ארבעת ירחי צדק (1510); ראה בראשונה את טבעת הככב שבתאי (עוד לא הכירה היטב בחשבו כי ידות לשבתאי מזה ומזה, או כי ככב בתור משולש הנהו); גלה את הכתמים הכהים אשר יעטו לפעמים את פני השמש, אשר לפי שנויי מקומותיהן הכיר את תקופת השמש סביב ציריו; גם את לפידי נוגה גלה אז. זאת היא המדרגה הראשונה אשר העלה קנה המצפה את האדם על גרם מעלות התבונה עוד בראשית הימים. ומי ימנה ויעביר במספר את רבבות ההמצאות החדשות אשר נגלו עד ימינו אלה? אין ספורות למו! ומי יודע אה החדשות הצפונות עודנה בחוק העתיד.

ב.

מעשה קנה המצפה המגדיל:

בקנה המצפה אשר זכרנו זה עתה לא יבואו הרבה מקוי אור אלה, אשר יתרחקו מעט מעט אחד מרעהו בעזבם את העדשה המבטת, בתוך אישון עין האדם, ויתמעטו עוד יותר כאשר תתרחק העין מהזכוכית לכן נלכה נא לראות את מעשה קנה המצפה לפי החכם קעפלער, אשר גם היום יעשו התוכנים את קנה המצפה בתבנית הלזו.

כלי המצפה רבים הם למיניהם ושונים אחד מרעהו, אשר כל אחד יצלח לדבר מיוחד לו ואחדים מהם נבאר; אולם בכלם נמצאות שתי זכוכיות השורפות, אחת גדולה ואחת קטנה, והפשוטים הנמצאים אצל

---

*) מת בשנת 1601 בחדש אקטאבער בעשרים וארבעה בו, בעיר פראג.

התוכנים, אשר בהם יביטו על תכונת הככבים וכדומה, יעשו באופן הזה:
בתוך קנה חלול וארוך נמצאות שתי זכוכיות שורפות, מהן אחת גדולה הרבה מהשנית, הגדולה קבועה בתוך ראש הקנה, במקום B, והיא המציירת (אָבזעקטיף), (ציור 44). ואת הזכוכית הזאת יעשו גבנונית אך מעט כאשר נזכיר עוד למטה, ונקודת שרפתה תמצא בתוך הקנה קרוב לצד השני הוא במקום G, ובקצה הקנה מעבר מזה במקום A, נמצאת זכוכית שורפת שניה והיא קטנה הרבה מאד מהזכוכית השורפת הראשונה, ויעמידוה מכוון שהנקודה השורפת שלה תגע בנקודת השורפת של הראשונה אשר שם בקנה ושתיהן תגענה אשה ברעותה, והיה אם יקח איש את הקנה הזה, אשר תמצאנה בו שתי הזכוכיות ויסב אליו קצה הקנה אשר בו נמצאת זכוכית השורפת הקטנה, והביט בו על פני השמש, או על פני הככבים, ככבי הלכת, אז יתגדלו בשעורם למאות וגם לאלפי פעמים, לפי מבנה הכלי כן תכונתה להגדיל ואנחנו נוכל לדעת מראש את שיעור הגדלת המוחש אשר נראה דרך הכלי אם אך נדע על פי חשבון מקום G, הוא מקום נקודות השורפות של שתי הזכוכיות הגבנוניות אשר תפגשנה שמה אחת בשנית. יען כי השעור הזה יסוב לפי מדת מרחק נקודת השרפה G מן זכוכית השורפת הגדולה B לעומת מרחק הנקודה ההיא מן זכוכית השורפת הקטנה A כי כל אשר יגדל מרחק B מן G לעומת G מן A, כן ירבה ופן יוסיף, ומדת המנה אשר נשיג בחלקנו מרחק השרפה של הזכוכית המבטת על מרחק שרפת זכוכית המציירת היא מדת התגדלות הגשם הנראה, לכן יתחכמו ויעשו את הזכוכית השורפת A קטנה הרבה מן זכוכית השורפת B. אשר על ידי זה תתקרב הנקודה G יותר אל הזכוכית A, ומן הזכוכית B תתרחק, ועוד יוסיפו לעשות את הזכוכית B גבנונית רק מעט מזער, ועל ידי זה תתרחק הרבה נקודת שרפתה, יען כי אז לא תגדל הרבה שבירת קרני האור, ועל זה האופן יעשו כלי מגדילים טובים מאד, אשר מדת הגדלתם עולה לשעור גדול.

ג.

ההרכבות השונות בתוך קרן־חזית.

בהתגלות יסוד קנה מגדיל הטיבוהו ושכללוהו חכמי הטבע ככל אשר מצאה ידם, זה בזאת וזה בזאת, ואנחני נביא את התקונים האלו לפני הקורא.
כל גשם אשר נביט עליו דרך הקנה המגדיל אשר זכרנו, יראה הגשם בתמונה הפוכה. הדברים השמימים לא יוכרו כי הפוכים המה יען עגולים המה אך אם על דברים ארציים נכונן מבטנו, אשר מנעורנו התרגלנו לראותם

יַשר לא נכיר היטב את הגשם, ולכן ראו חכמי הטבע להכין את הקנה באופן כזה אשר המובטים יראו ישר בעדו. החכם ר ה ע י ט א יעץ (1665) להרבות מספר הזכוכיות עד ארבעה ואז יראה הגשם ישר; אולם ברצותנו להביט בקנה על גשם שמימי אז נוטל עלינו להמעיט את מספר הזכוכיות עד שתים, יען כי האור כהה יכהה יותר ויותר כל אשר ירבה לעבור דרך זכוכיות, ודבר כדורי אחת היא לנו אם כה או אם כה יראה.

חסרון אחד ימצא בקנה המגדיל אשר ישבית את טהר הגשם והוא מ ג ר ע ת ה ש ב י ר ה ב ק ש ת י ו ת (ספֶרישע יובוועכונג) אשר עוד נדבר אודותיה, והוא כי קוי האור העוברים דרך קצות הזכוכית לא יאָספו בנקודה ההיא שבה יאספו קוי האור העוברים בתָוך ולכן לא יולד הציור בהיר וצח כדרוש. להסיר גם את המגרעת הזאת התחכמו מביני לב לכסות את קצות הזכוכיית הגבנוניות באיזה כסוי, לבלתי נתון עבור את קרני האור דרך קצות הזכוכיות. ויען כי בזה כהה יכהה דמות הגשם כי מעטנו את מכסת קרני אוֹרו מלעבור דרך הזכוכיות לכן יכינו להם טבעות שונות אשר נקב האמצעי שלהן, שונה הוא בכל טבעת אשר לפי בהירות וצחות הגשם המאיר כן יכסו את הזכוכית. אם אור כהה יאיר את הגשם יכסוהו בטבעת אשר נקב שלה גדולה להגדיל את מכסת האור, ואם בהיר הוא אז יכסוהו כטבעת אשר נִקבה קטנה עוד נוסף לזה יעמידו בתוך נקודה השורפת את מ ו ד ד ה ר ו ח ב או מודד שעורים קטנים (מיקראָמעטער), אשר נבאר עוד מעשיהו. תועלתו גדולה מאד לרואי השמים, והוא נתגלה בשנת 1640 על ידי ג אַ ס ק א י נ נ ע. קנה-מביט מרחוק כזה שבו ימצא כלי המיקראמעטער וערוך למדוד את השמש יקרא בשם מ ו ד ד ה ש מ ש (העליאמעטער).—

מרחב הראיה (געזיכטספעלד) של הקנים המגדילים הרבה הוא גדול מאד, וישתרע על מרחב גדול ועצום אשר על כן יכבד מאד למצוא כרגע את הככב אשר אליו כגמת המביט להכין מבטו עליו, ולמען הקל על המביט יחובר אל הקנה הגדול גם קנה מגדיל קטן אחד אשר ישכב בתכונה מקבילות להגדול, והוא יקרא בשם מ ב ק ש (זוכער).

אור השמש החזק אם יגיע ישר לעין המביט תוך קנה מגדיל יוכל לפעמים להכות בסנורים את המביט כי עצבי הראות יתפעלו ויתגעשו הרבה מן האור החזק, לזאת התחכמו להעמיד אצל הזכוכית המבטת (אָקולאר) ז כ ו כ י ת מ כ ה ה. (בלענגלאָזער) היא זכוכית צבועה, ירוקה או שחורה, כן גם זכוכית מעושנה המכוסה בפיח שחור להמעיט את חזק האור לבלי יזיק לעין התוכן, הקנה המגדיל יחובר היטב אל עמודים וערוך באופן אשר נוכל לפנותו על כל נקודה שמימי שנרצה, ואשר בכל מצב חדש אשר נביאנו יעמד היטב ולא יתנועע אנה ואנה, אך הכן יעמוד על עמדו, כן ערוך הוא גם באופן שכל איש ואיש יוכל להביט היטב דרך הקנה. מדת הגדלת הקנה יומד לפי הגדלתו ה ק ו י (לינעאר), לאמר מדת הגדלתו יומד על פי

הגדלתו אחד משלשה המרחקים ארך, רחב או גבה, והמדה ההיא יצא לנו, כאשר אמרנו, בחלקנו את מרחק השרפה של הזכוכית המציירת על מרחק השרפה של המבטת. הקנה המגדיל יתן אותותיו כי טוב הוא כאשר יראו המובטים בו בציור בהיר וצח שהעין תכירנו היטב, וגם בקטן שבהם נכיר היטב את ירחי צדק הסובבים אותו. שתי הזכוכיות צריכות לעמוד זו כנגד זו מבלי נטיה לאיזה צד, לאמר, קטר משותף יהיה להם (קאָנסענטריש), אם נרצה להבחין איזה קנה מצפה אם זכוכיותיו תעמודנה מקבילות אחת לרעותה וקטר אחד להן, אז נסוב את קנה המצפה סביב קטרו עת נביט על איזה גשם, ואם הגשם המובט יעמוד על עמדו מבלי להסתובב גם הוא או מבלי שנות את מקומו נדע כי זכוכיותיו תעמדנה באופן נאות וטוב, כדרוש.

ד.

מעשי כלי מודד המעלות וחלוקתו.

במאמרנו זה נכונים אנחנו לבאר הרכבת קרן חזית במה שנוגע להקירת האור. ואגב ארחנו נבאר גם אופן הרכבת בנין נושא קרן החזות למען יהיה באור מעשי קרן החזות שלם.

כאשר נדע נעשה קרן החזות להביט על גרמי השמים, ובפי החכמים נקרא מביט למרחוק (טעלעסקאפ); כל גרם שמימי המובט נחוץ להיות מציון וקצוב באיזה נקודה שמימית ימצא, לכן יחברו התוכנים לקרן החזות מכונה מיוחדה אשר תקציב מקום מציאת גרם השמימי המובט. וקרן החזות עם מכונה כזאת יקרא כלי מודד המעלות (צייר 46) וזה אופן הכנתו: בנקודה העליונה (A) של הקנה (Aa) העומד ישר על הארץ קבוע קרן חזות (AB) אשר דרך זכוכית המפטת (B) לעבר המצייר (A) יביט המביט. קרן החזות הזה הקבוע על העמוד הנצב אך במקום אחד (A) יוכל להתנועע מעלה ומטה, ובחפצנו להביט על נקודה גבוהה בשמים נשפיל את הקצה (B) למען יתרומם קצהו השני (A) מול הנקודה ההוא, ולהפך אם נאבה להביט על נקודה קרובה אל האופק, נרים את הקנה במקום (B) למען יושפל (A) ולמען נוכל להקציב ערך הירידה והעליה יחברו רבע עיגול להקנה (AB) באופן שקצהו האחד מחובר למקום (B) וקצהו השני למקום G אל קנה המחבר למקום (A). רבע העיגול הזה מחולק על תשעים מעלות. וכל מעלה על ששים דקים (מינעטן). וכל דקה יחלקו עוד לעת הצורך על ששים זעקונדן ובצדן נרשם במספר הציפפערן ממטה למעלה (מן o G עד 90 B).

מן נקודת נקודת (A) — מרכז רובע העיגול יורד אנך מול מרכז הארץ שבקצהו של מטה תלוי משקל כבד של בדיל המושך את החוט ארצה. ויען כי האנך לא ישנה מצבו לעולם. לכן בעלות או ברדת הקנה יחד עם רובע העיגל יורה לנו תמיד גובה הנקודה המובטת.

כי בהביטנו על נקודה אופקית יעמוד החוט על המעלה 0° ובהרימנו את הקנה להביט על נקודה גבוהה אז יסתובב רובע העיגול מול החוט ויראה מעלה אחרת וכל אשר נעלה את הקנה יותר אל מול נקודת הקדקוד כן יראה החוט מעלה יותר גדולה. עד אשר לאחרונה בעמוד הקנה ישר אל מול נקודת הקדקוד יתקרב החוט אל נקודת B אשר שם המספר האחרון 90°, ואם יעמוד החוט על מעלה אחרת למשל 30 אז יראה שהנקודה המובטת מקומה על מעלה 30 או 40 מן האיפק וכדומה.

כלי מודד המעלות הזה הוא ראש פנה ויסוד מוסד אצל התוכנים. כי אך בעזרתו יקצבו גובה כל ככב וככב מעל האופק וכללי המדידה הזאת ישתנו באופנים שונים. אשר ע"כ יכינו למו התוכנים כלי הנ"ל ג"כ באופנים שונים לפי המטרה הנדרשת להם. ויען כי לא לבאר כללי מחאניק באנו הפעם, ע"כ לא נבאר פה את מעשה כלם, למען לא נתרחק הרבה מעקר הענין אשר אנו עומדים בו עתה.

ה.

מעשי כלי הצהרים.

דבר נחוץ הוא להתוכנים להגביל את הכראָנאמעטער שלהם למען יורה בצמצום סדת המשך הרגעים והזעקונדות, כי על פיו הלא ידעו בצמצום את זמן מהלך הככבים במשך תקופותיהם, ואם יבטחו בשעון העשוי בידי אמן לא יוכלו להגביל היטב את העת, יען זאת ידועה כי כל שעון אף כי ערוך הוא בצמצום גדול בכל זאת לא נוכל לבטוח עליו תמיד, כי לפעמים ימהר ללכת ולפעמים יתרפה בהליכתו, מפני כי יד הקור והחום *) הויה עליו תמיד. על כן נראה כי לא לתוכנים לתת אמון למורי השעות האלו, להגביל על פיהם את מודד העת שלהם, על כן מצאו התוכנים להם כלי מצפה מיוחד לזה, אשר בעזרתו ידעו בכל יום ויום את רגע צהרים בצמצום גדול מאד. אבן פנת התחבולה היא הסתובבת האדמה סביב ציריה ממערב למזרח בסבובה היומי, אשר על ידי זה נראים השמש והככבים כאלו המה סובבים

*) והיה כאשר ירים החום את ידו ותתגדל המטוטלת מעט וכאשר יניח החום את ידו וגבר הקור תתקמץ המטולטלת. ואי סדרים הלזו ישנה את מהלך השעון.

את הארץ סביב, ואופן מעשה הכלי הזה נבאר פה. הם העמידו בארץ שני עמודים חזקים מאד, אשר לא ימושו ממקומם, והעמודים האלו קרובים ועומדים זה אצל זה, ובשני העמודים חורים, חור לעמוד חור לעמוד פונים זה לעומת זה, ויתד אחת ארוכה תקועה בקצה האחד תוך העמוד האחד, וקצתה השני תקוע בהעמוד השני, ובאמצעית היתד הזאת מחובר קנה אחד (אשר נזכיר אופן מעשהו למטה) העולה ונוקב את היתד הזאת. ומפני כי העמודים לא יזיזו ממקומם לכן נוכל רק להוריד את הקנה ולהעלותו מעלה, והיה אם נרים את הקצה מעבר מזה ירד הקצה השני, ואם את זה נשפיל ועלה השני. בעת העמידם את הקנה ביתד יעמידוהו באופן אשר בעלותו למעלה וגם בירידתו למטה יסתובב לעומת מסלול השמש, קו הקדרות, או איזה ככב. הקנה הנזכר הוא חלול וארוך (להשבית האור הצדדי המפוזר) ובתוך חללו נמצאת טבעת אחת עגולה, אשר על פני אלכסונה מתוח קו שחור דק מאד מאד, (ציור 45) והוא מתוח מצפון לדרום, ועוד שני העומד עליו ממזרח למערב; והיה בבוא השמש בעת הצהרים על מדרגתו העליונה אשר אז יהיה רגע הצהרים, אז יראה התוכן המביט אל תוך הקנה, את השמש בעברו אז את קו השחור הדק המתוח מצפון לדרום, ויודע לו כי עתה הוא רגע הצהרים, הוא הכלי אשר נקראהו בשם כלי הצהרים, אשר תועלתו גדולה למאד אצל התוכנים חוזי בשמים לתועלת ענינים שונים ורבים למאד.

עוד נוכל להכין לנו כלי הצהרים להודיע את רגע הצהרים, אשר גם כל העם מסביב ידעו כרגע כי עת הצהרים הנה הוא בא. נקח לנו קנה ארוך אחד, אשר בקצהו האחד הפונה מול השמש ימצא זכוכית שורפת ובקצהו השני המצא ימצא אבק שרפה, והיה אם נצמיד את הקנה באופן אשר ברגע בוא השמש בתכלית רומו, הוא עת רגע הצהרים, יפלו קוי האור העוברים דרך זכוכית השורפת על האבק המורה אז ברגע ידלק וירעים בקול גדול אשר יודיע לכל העומדים מסביב כי רגע הצהרים אז, למען יוכלו להישיר את מהלך השעון אשר אתם, בדיוק נכון ומצומצם כדרוש להם.

עוד נבאר מעשה כלי אחד, והוא כלי מודד הרוחב, וגם הכלי הזה נחוץ מאד להתוכנים, בו ימודו את רוחב הנראה מכל דבר הרחוק מאתם כמו: רוחב השמש, הירח או רוחב כל ככבי לכת, ויען כי מדת מרחקם מאתנו נודע לנו לכן נוכל לדעת על פי החשבון את רחבם האמתי, יען ידוע כי רחב הנראה הוא מתיחס תמיד לפי המרחק, והנה אם נדע המרחק והרחב הנראה נדע גם את הרחב האמיתי. הכלי הזה יעשה כנראה בציור (48):

על פני הטבעת D מתוח חוט דק, הוא a. על פני השרבובה (שראֻובע) E נמצאת חצי טבעת c, וחוט דק אחד מתוח מן הקצה עד הקצה השני, ובקצה השרבובה נמצא לוח אחד B, ומחולק בצמצום על 100 חלקים, והיתד A יראה תמיד את מספר החלק. והיה ברצותנו למדוד רוחב הנראה

של השמש, נמוד מתחלה את הרוחב מגשם אחד הנודע לנו שעור רחבו, למשל 3 זעקונדען, נעמיד את הטבעת D באופן שהקצה השמאלי של הגשם יראה כנוגע בחוט המתוח על פני הטבעת a —, ואת הטבעת c נסוב על השרבובה, עד אשר יראה כי החוט שלה b יגע בהצד הימיני של הדבר הנמדד, ואז כאשר יעבור הגשם בתוך נראה על הלוח על איזה חלק יעמוד היתר A. אחרי כן נסוב את הטבעת c על השרבובה E עד אשר יתקרב חוט שלה b אל הטבעת D, ונראה אז על הלוח את מספר הסבובים אשר הסתובבה הטבעת c על השרבובה להתקרב אל a, והיה אם מצאנו כי הסכה רק 78 חלקי מאות בלי שום סבוב שלם נעמיד את הכלי הזה מול השמש o, באופן שקצה השמאלי של השמש יגע בהחוט המתוח על הטבעת D, וקצהו הימיני יגע בהחוט המתוח על פני הטבעת c, ואז יעמוד השמש O בין שני החוטים, ואחרי זאת נסוב את הטבעת c, ונראה את מספר הסבובים ואם יעלה מספר הסבובים של הטבעת c על השרבובה E, 4 סבובים שלמים עם עוד 16 חלקי מאות, ויעלה על פי החשבון, כי רחבו הנראה הוא 16 זעקונדען. על זה הדרך נוכל למוד גם את רוחב הנראה של כל הככבים.

~~~~~~~~

ו.

מעשי אנוש והחבולותיו.

אם נעשה את זכוכיות השורפות מזכוכית הפשופה נראה כי תראה התמונה בנקודת השרפה בתבלול צבעים שונים בקצותיה, יען כי הפרידה הזכוכית את הרכבת אור הלבן מעט כמו הזכוכית המשולשת, ועל כן לא יראה הציור היטב ולא נוכל להתחקות אחרי תמונתו האמתית כדרוש. רבות עמלו ויגעו התוכנים למצוא תחבולה נגד הדבר הרע הזה ולא יכלו, עד כי שמענו מפיהם: „שהדבר הזה הוא מעות לא יוכל לתקון", עד אשר בא חכם אחד עולער שמו והראה לנו (1747) כי לא יבצר מחכמי הטבע מאומה, ולא יאות לחכמים להתיאש מדבר שלא יוכלו להגיע ליסודו, כי הראה לנו לדעת שאם נרכיב את הזכוכית השורפת משתי מיני זכוכיות, אז לא יראה שום מיני צבעים בקצות התמונה, ויסוד חקירתו היה: הלא ידוע שהעין איננה רק כלי מצפה פשוט ככלי המצפה אשר נעשה לנו בידים, והלא כאשר נביט בעינינו בלי שום כלי מצפה אז לא נראה שום צבע בקצוות. בלתי את האור המיוחד לו, וכל זה הוא יען כי בתוך העינים נמצאים שני מיני נוזלים, הערשה הבדולחית וגשם הזכיכי (V; ג.) אשר כל אחד מהנוזלים האלו יבטל את הפרדת האור של השני; לכן אם נרכיב את הזכוכיות השורפות בשני מיני זכוכית, אז תבטל כל זכוכית את הפרדת האור של
~~~~~~~~

השניה כאשר עוד נדבר מזה. כשמוע חוקרי הטבע את זאת, רבות יגעו לעשות כאשר צוה, ולהוציא את הדבר לפעלו, עד אשר עלתה (1789) בידי איש חכם אחד זאהן דאַלטאָן שמו: ועשה זכוכיות השורפות מכופלות משני מיני זכוכית, אשר האחת תקרא בשם זכוכית־קראַון, והשנית זכוכית־פלינט, וזיווגן עלה יפה בהשביתן את תבלול הצבעים. הרכבת זכוכיות כאלו תקרא זכוכיות מסירי הצבעים (אַכראמאטישעגלאזער).

הנה בארנו בנין קרני ההזות אשר בהם ישתמשו התוכנים בעת ישאו למרום עיניהם, אבל מעט מן המעט בארנו. כי אצל התוכנים ימצאו כלים מכלים שונים למוד את גרמי השמים בגדלם, בגבהם ובהלוכם, וכל אחד שונה מרעהו באופן מעשיהו. מאד נפלאים המה בדיוקם ובדקות התחלקותם! ולהתוכן הצופה ומביט על הכבבים עליו לראות כי יד הקור והחום לא תשלוט בהם שלטת להטיל בהם מום ושנוי, כי שינוי קטן בכלי המצפה גדול הוא אצל התוכנים. ראש מדידת השעורים בדיוק ובצמצום הוא מדידת המעלות, שניים ווועקונדות, והנם מצוינים על טס אחד בעל שלש רגל האלכסון, ונוטל לסמן עליו 1296000 קוים, המה מעלות העיגול המחולקות על שניים ווועקונדות. הקוים האלו צרוכים להיות מרוחקים אחד מרעהו מרחק מוגבל ומצומצם מאד, והמרחק הזה, אשר בין קו למשנהו הוא קטן עד מאד, אשר לא תשיגנו עין אנושי, כי גם מרת עובי השערה תצטרך להתחלק עוד על חלקים הרבה אם נרצה לחלקה על רחב הזעקונדען המסומנים על כלי המצפה, והתוכן היושב על כליו המדויקים סמוך לבו נכון ובטוח כי יוכל לסמן גם את מקום הככב הנרצה אף כחוט השערה מבלי החטיא המטרה. הנה בידעם מראש את כל הדברים המולידים שנויים בכלי המצפה לכן בתחבולותיהם העמוקות ישמרו להשביתם. אלה הם בכורי פרי עץ הדעת אשר בשלו וישאו פרי בימינו אלה.—



ז.

מעשה כלי המראה.

הנה בארנו בפרק האחרון את דבר הפרדת האור לצבעים רבים בעברו דרך הזכוכית השורפת, והתחבולה להשביתם. ההמצאה הזאת היא, כאשר ראינו חדשה מקרוב באה, ובראשית הימים עוד טרם ידעו מהתחבולת החרשה הזאת להעמיד במקום זכוכית אחת שתים ממינים שונים. ולמען העריך קרן חזות אשר חפשי יהיה מהולדת הצבעים לקחו להם את הכפלת האור לעזרה. והוא: תחת זכוכית השורפת שהיתה בתור מצוירת בתוך הקנה

הביאו מראה מלוטשת (III; א.) שגם היא תוליד ציור מחויב.

בתוך קנה חלול וארוך נתונה מראה זכוכית שקערורית אחת והיא המציירת, תעמוד בקצה האחד של הקנה, ובקצה השני של הקנה תעמוד גם מראה זכוכית ישרה בלתי שורפת נוטה לצד אחר. והיה בזרות השמש ישלח קרני אורו על פני המראה השקערורית הנמצאת בתוך הקנה והיא תשלחם ממנה אל המראה השניה, והמראה הזאת, אחרי אשר תאספן אל תוכה, תשלחן אל זכוכית שורפת אחת העומדת למולה, והיא המבטת והאיש המביט בה יראה את השמש גדול מאד.

בימי הערשעל הזקן (הוא האיש הערשעל אשר גלה לנו חרשות ונצורות בדבר תולדות הכוכבים) לא ידעו מהתחבולה הנזכרת למעלה, לבטל בה את תבלול הצבעים הנולדים בקצות הגשם, לכן על הרוב השתמשו בימיו בכלי המראות, וגם הוא עשה לו שתי כלי מראות טובות וחזקות מאד אשר לא היו עוד קרני חזות כהנה לפניו. בכלי המראות שלו הראה לנו לדעת כי כל הערפלי-טוהר הנראים בעזרת קרן חזות בלילה בהירים הם, אך מ ס ל ו ל י ח ל ב (מילכשטראססען) של כבבי-שבת הרחוקים מאתנו עד בלי קץ. המה לא הגיעו עוד למצב מ ו צ ק כארמתנו, רק הנם עוד היום אך בתור אויר דק כאשר היתה לפנים ארמתנו טרם היתה מוצקת. הלא נמצא כי הבריאה לא נשלמה עוד, כי ישנם ככבים אשר המה עוד נבראים עתה בגזרת חי וקים; או נוכל עוד לאמר: כאשר יצאה הגזרה מלפני המלך „יהי" נבראו כל הככבים הנמצאים בכל מרחבי התבל, ואך הראותם לעינינו כי יבראו עתה הוא רק מסבת מרחקם הגדול והעצום מאדמתנו, ויען כי למהלך האור דרש ידרש איזה זמן עד בואו אלינו ממקורו, וקרני האור הבאות עתה אלינו מהערפלי טהר תאמרנה לנו מה שהיה בימים הקדמונים על הככבים ההם לכן יראו במצב הזה *) וגם ארמתנו תראה לתושבי הערפלי-טהר, כעת אשר

---

*) את הרעיון הזה לא נוכל להכחיש, כי יסודתו בחקי הטבע, אולם להחליט כי פרקי תולדות הככבים שוים המה בזמן וכי כלם בצעד אחד יצעדו קדימה לא נוכל, כי כאשר יספרו לנו החוזים בככבים נדע כי בשנת 1572 נראה פתאום אור חדש בשמים וככב אחד אשר לא נראה עד עתה נתגלה מחדש לעינינו במושכות קאססיאפעיא. גם בימינו יהשבו התגלות ככב חדש בשמים לקץ שנת 1891. ודבר ידוע הוא כי הככבים האלו עומדים כעת על המצב החמשי לתולדתם השוה למצב האדמה ומאדים ומקום הככבים האלו הוא במקום ככבי השבת ויחדו בקהלם, ובכל זאת כבר עברו את מצב חבריהם, כי את הככבים הנשארים הלא נראה עוד מתנוצצים בכפת שמים אשר כל זה לאות כי המה עומדים עוד עתה במצב התבערה, הוא העת אשר אש תלהט פניהם. גם בהערפלי טהר, המה מסלולי חלב של הככבים הרמים והנשאים למאד נראה בכלי מצפה חזקיב וטובים למאד (עד כי יעצרו כח להבדיל בין הככבים הרבים אשר במסלול החלב, ולהכירם לאחדים) כי יבדלו בשנותיהם: הככבים התיכונים מהמסלול החלב המה בעלי קצוות מחוטבים תבנית ככב ומתנוצצים, דומה להככבים האלו הנראים למטה מהם, והנשארים מפוזרים ומפורדים בלי משטר, ועוד יעבור זמן רב עד אשר יבואו למצב ככבי השבת המתנוצצים הקרובים אלינו מהם, ובזאת נראה ונוכח כי יבדלו הככבים בתולדות חייהם. כן נראה ערפלי טהר יתקרבו

אז עודנה בוערת באש גדול, או כאשר מבול מים יכסנה, ובעיניהם יראו את האדם ואת כל החיה וכל הצמחים למיניהם, את כל הארזים אשר שיאם לעב יגיע כלם ימחו מספר החיים, והנם טבועים בתהום רבה וידם קצרה מלהושיע להם, ותושבי הערפלי טהר (?) בעיניהם יראו ובלבם יחליטו כי עתה זאת נעשתה על אדמתנו. —

ח.

השתלמות קרני החזות.

גם כלי המראות המכפילות (רעפלעקטארען) כמו קרני חזות המשברות (רעפראקטארען) אך מעט מעט השתלמו והשתכללו כמוהן עתה. הראשונים אשר יעצו לעשות כלי מראות היו סוקכי (1616), מערזענע (1639) והרעיון הזה יצא אל הפועל על ידי גריגארעי (1663), אחרי גריגארעי בא החוקר הנפלא נעווטאן (1671), ואחריו — התוכן המהולל הערשעל הגדול (1789). החכם גריגארעי הכין כלי מראה באופן כזה: בתוך קנה ארוך הביא מראה שורפת בקצה הפונה לעין האדם. המראה השורפת הזאת נקובה היא באמצעיתה למען יוכלו להגיע קרני האור הבאים מהשמש או מאיזה גשם העומד בתוך קטר המראה, לעין האדם הצופה ומביט, קוי האור אשר יוכפלו וישובו מהמראה אחור לצד השמש יפגשו מראה שניה העומדת בקנה בקצה השני הפונה למול השמש המראה השניה הזאת תשיב את קוי האור אחור דרך נקב המראה אשר במרכזה לעין האדם אשר יביט דרך זכוכית מבטת (אקולאר) והיא זכוכית גבנונית. בעיני נעווטאן לא ישר הכלי הזה, באשר כי קוי אור רבים אשר ילכו למרכז לא יעירו כל פעולה; לכן הכין כלי מראה באופן אחר: קו האור אשר ישובו מן המראה הגדולה יפגשו מראה שניה בנטיה 45° למול קטר המראה הגדולה; לכן קרני האור, הנופלות על המראה הישרה תחזורנה

אלינו, המה ככבי השבט, וממרחק גדול באו, והמה דקים למאד בתכונת גופם עד כי לא יבואו גם לעובי אויר הנשימה. במשך העת יתעבו יותר ויותר מסבת כח המושך השולט בם, וכה יעברו חמשת פרקי התולדה, עד אשר גם המה במספר הככבים יבואו, ובעלי חיים שונים ימצאו בם. גם כל ככבי הלכת עם השמש יחדיו היו לפנים במצב הזה, הוא מצב האוירי הדק, ואך בהמשך הזמן נפרדו מן השמש חלקים רבים, כמספר ככבי הלכת, ומן החלקים האלו יצאו ונבראו הככבים הקטנים, וגם אדמתנו אחת מהם, ובכלל ג״כל לאמר: כי כל ככב וככב הגדול בכמות חמרו יתארך אצלו זמן תולדתו, כמו ש תראה בהשמש וצבאיו אשר מחומר אחד קרצו כלהם, ובכל זאת יבדלו כלם במצבם עתה, וזאת נראה כי כל ככב אשר מרחקו מהשמש יותר גדול ממרחק ככב שני, וגם אם קטן הוא ממנו בחמרי, הוא ימהר להשלים זמן תולדתו. כל זה אבאר בפרוטרוט בספרי „תולדות השמים והארץ ביום הבראם״. —

בנטית 45° למהלכן הראשון, לאמר קרני האור תנטנה ללכת בנטיה ישרה אל קיר הקנה, במקום אשר שמה יוכלו קרני האור לנפול על קיר הקנה הושם מפתח גדול למען לא יעצרו קרני האור מלעבור הלאה דרך קיר הקנה, ובמפתח הזה ימצא קנה, אשר בקצהו האחד ימצא זכוכית גבנונית, המבטת.

התוכן הערשעל הכין מראה באופן שלישי והוא: המראה הגדולה המציירת העמיד בתכונה נטויה למול נטית מהלך קרני האור אשר תפולנה עליה, לכן תחזירין אחור בנטיה לצד השני, יען כי בהיות נטית מהלך קרני האור על הקטר לכן תשובנה תחת הקטר להתקבץ ולהוליד ציור מחויב קרוב לקיר הקנה בקצה המופנה להשמש אשר שם תמצא זכוכית גבנונית המבטת.

קרני החזות (המכפילות) של הערשעל מפוארות היו בימיו, שתי קרני חזות הכין והאחת טובה מהשנית, ויען כי הזכוכית תשחת בהיותה מגולה לעין האויר הרטוב, הטל והאבק אשר יבואו ויכסו את פני הזכוכית לכן להביט על מחזות שמים קטנים לקח לו את הקטנה ואך לדברים נעלים הביט בגדולה אשר ע״י גלה את הככב אוראנוס (1781) והוא היה קרן חזות ערוך באופן של נעווטאן. גם פראונהאפער הכין קרני חזות גדולות ועצומות למאד, והכי גדול הוא מעשה ידי הלארד ראָססע. ועוד יראו התוכנים להיטיב את קרני החזות, והוא הסולם המוצב ארצה וראשו מגיע שמימה, וחכמי הלב — התוכנים, עולים ויורדים בו.



VIII

כלי הראות

א.

התפשטות כלי הראות במלא רוחב התבל.

מלבד קרני החזות המקרבים והמגדילים את הגשם הרחוק והקטן למראית עין, אשר תועלתן גדולה להתוכנים הפורשים כנפי רוחם למעלה ואשר יראו ברוחם הכביר למרומי שמים ועבי שחקים, גם מלבדן הוכנו כלים שונים להיטיב ראות והבטת העין, יען כי ישנם אופנים אשר יקרו בחיי האדם המאלצים את עיני האדם הבלתי תמושנה להיטיב את הרגשתן, בימינו אלה נפגוש אנשים מאנשים שונים וכלי ראות על עיניהם: זה יאמר איש קצר ראות הנני, ובעזרת המשקפים (בריללען) אראה גם גשם רחוק בהיר היטב; זה

יענה כאשר צווני הרופאים נוטל עלי לשאת משקפים למען אוכל לראות גם הגשם הקרוב כמו הרחוק אשר אראינו בהיר היטב; את זה נראה הגור בכלי ראות למען יוכל הכיר את החוטים הדקים אשר יעשה מלאכתו בהם; פה נפגוש עלמה יפת עינים הלובשת על עיניה משקפי זכוכית להוסיף עליהן לוית חן; משם תשמענה אזנינו קול משמיע תהלת המשקפים קבל עם בעצרם בעד חום האור החזק לבלי יזיק לעין; ומשם תגענה לאזנינו תהלות מגדיל-הראות בגלותו לעיני חוקרי הטבע נפלאות ונצורות בחכמת הטבע בגלותם את פני הלוט הלוט על פני היצורים הדקים והקטנים; גם קול תהלת מראה־הגשם (סטערעאָסקאָפּ) יגיע לאזנינו ורוח הקורא בשמעו ובראותו את כלי הראות אשר מלאו כל הארץ פעולתם יתעורר לשאול שאלות שונות; לכן שמנו מקום מיוחד לבאר את כל הכלים השונים האלה. מי שעיניו החלו כהות ישמר ויזהר לבלי יגיע לעיניו אור השמש החזק או אור המוכפל מאיזה גשם לבן מאד כמו מקיר מוסד בסיד, מהשלג המואר מהשמש, כי בנפול אור חזק ובהיר מאד על עור הרשת יתרגש מאד ויוכה בערון, ולמען תשמרנה העינים מנזק יחגור על עיניו איזה גשם שקוף אשר חזקת האור ימעט בעברו דרך הגשם ההוא לעיניו. את התועלת הזאת ימצא בהמשקפים: למען הרבות את הבלעת והתמעטות חזקת האור נוכל לעשות את זכוכיות המשקפים מאיזה צבע (I; ז.) תכלת, אמוץ או ירוק. גם בעד האבק המזיק יעצרו לבלי יבוא בהעינים. הזכוכיות של המשקפים צריכות להיות שוות בעבין בכל גדלן ורחבן, וחפשי תהיינה מהגבעות הקטנות והאבעבעות גם נקיות תהיינה מאבק ומלחות, אשר מכל אלה ישתנה מהלך קרני האור טרם הגיען בתוך האישון. משקפים כמו אלה שוים המה לכל אדם אם אך ימצא בהם תועלת להיטיב ראות עיניו, אולם בפועל נמצא כי גם זכוכיות לבנות, שקערוריות וגבנוניות תבחרנה מאת אנשים שונים לשומן למשקפים אשר בהם יביטו. והנסיון יורנו כי לא לכל האנשים שוים יהיו המשקופים ההם בהאות זה לא יראה זה, לכן נראה עתה לבארם.

ב.

קצרי ורחקי הראות ומשקפותיהם.

הערשה הברולחית תשוה בפעולותיה לפועלות זכוכית השורפת לאמר: הולדת הציור של הערשה הברולחית תהיה באופן כזה אשר גם בהולדת הציור בעזרת ערשה זכוכית (השורפת) יהיה, והוא שבירת קרני האור השוה בן. בידענו מזה נוכל להבין כי כל אשר נפגוש בפעולות זכוכית שורפת

נמצא גם בפעולות העדשה הבדולחית. מקום הציור ישתנה בזכוכית השורפת לפי מרחק ומעמד הגשם המצויר ע"י הזכוכית: בהעתק הציור אחור מן הזכוכית אז יתקרב הציור אל הזכוכית, ובהתקרב הציור אליה ישוב הציור להתרחק (IV; ט). אם נוסיף להתבונן על ראות העין נמצא כי אך גשם בזה תראה בתכלית הבהירות העומד במרחק קצוב כזה אשר קרני האור היוצאות ממנו תקבצנה, אחרי השברן כדת דרך העדשה, בנקודת האוסף שתפול על מקום עור הרשת המרגיש ביותר הוא מקום הכתם הצהוב — המרחק הקצוב הזה הוא רביעית המעטר. הדברים אשר ימצאו לפני או אחרי המרחק הזה יכההו וכמו לוטים בערפל יראו.—

הנה נודע לנו כי מרחק הראיה קצוב הוא, „ואם כן" ישאל הקורא בחפזו „מדוע נראה את הככבים הרמים והנשאים מאתנו כמו את הדברים הסובבים אותנו?" על השאלה הזאת יענו חכמי הטבע וגם הנסיון בעזרתם כי העדשה הבדולחית תתערך לפי מרחק הגשם המובט, כי תשנה את גבנונותה להקטינה בהביטה על גשם רחוק ולהגדילה בהביטה על גשם קרוב אשר בזה ישוב מקום נקודות האוסף לפול על הכתם הצהוב; אולם גם להתערכות הזאת יש קצבה ותכלית, וגם הגשם אשר יראה בעינים ערוכות לא יראה בהיר ככה כמו הראותו בעמדו במרחק הראיה. לכן נמצא כי דברים מוארים, הרחוקים הרבה מאד או קרובים יותר על המדה הדרושה לא יראו כמובן, ואך בהעתק הגשם מן מרחקו הגדול או מן התקרבותו הגדולה יותר אל מקום מרחק הראיה אז יראה בהיר יותר עד כי באחרונה בבואו במרחק הראיה יראה בתכלית בהירותו הנראה.

עיני אנשים שונים לא תשוינה, יען כי במצאנו את מרחק הראיה השונה באנשים שונים נבין כי גם העדשות הבדולחיות של עיניהם שונות הטה בגבנוניותן. ישנם אנשים אשר העדשה תהיה קטנה בגבנונותה מן אותה של שאר האנשים, ומזה יתגדל מרחק הראיה, ואנשים אשר להם עינים כמו אלה יקראו בשם „רואים מרחוק", וכן ישנם אנשים „קצרי ראות" אשר בסבת העדשה הבלולחית אשר גבנונותה תגדל מאותה של שאר אנשים, יתקטן אצלם חוג הראות כמו מרחק הראיה. אם יביטו שלשה אנשים, איש קצר ראות, רואה מרחוק ואיש אשר עיניו בינונות הנה, על גשם אחד נבין כי בראשון יפול מקום הציור לפני הכתם הצהוב, בשני —אחרי הרשת, ובשלישי— על הכתם הצהוב כדרוש. לאיש קצר הראות למען הפיל את מקום הציור על עור הרשת נוטל עליו להביט דרך עדשות זכוכיות שקערוריות למען הרחיק בזה את מקום הציור לפול על הכתם הצהוב; על השני המביט מרחוק נוטל להלביש עיניו במשקפים של זכוכיות גבנוניות, כמובן למען הקטן את מרחק הציור ולהפיל הציור עלי הכתם הצהוב.

לפי השתנות הגבנוניות של העדשה הבדולחית, הוא: לפי השתנות מדרגת קצרות ורחקות הראות כן ישתנה גם גבנוניות הזכוכיות אשר יבחר

לו האדם להביט בהן. ברבות קצרות הראות יחליף משקפיותיו השקערורים באחרים השקערורים יותר, ובהתגבר רחקות הראות ימיר משקפותיו הגבנונים באחרים הגבנונים יותר. קצרות ורחקות הראות, מלבד אשר גם בהטבע לבד נמצאן גם מלאכותיות תמצאינה. האיש אשר יביט הרבה ומבלי הפוגות על דברים הקרובים אליו יעשה קצר-ראות, יען כי העדשות הבדולחיות אשר תהיינה תמיד מבלי הרף במצב ההתערכות לדברים קרובים — במצב גבנוני יותר מן הרגול תתרגלנה מעט מעט עדי תשארנה ככה לעולמי עד; כן גם באופן המתנגד לזה, יהיה איש רואה מרחוק. האיש ההוגה הרבה בספרים או העושה מלאכה בחוטים דקים אשר, למען ראותם היטב, יקריבם הרבה לעיניו יהיה קצר-ראות, ולהיפך: הציד, הדיג או חובל הים יהיה איש רואה מרחוק.

גם המשקפים הגבנונים והשקערורים נערכים לפעמים למעט את חוזקת האור הבהיר יותר מהדרוש; אולם זכוכיות העדשות הַעשינה מזכוכית לבנה אך תצופינה בלוח זכוכית ישרה צבועה תכלת, אמוץ או ירוק, כאשר ידרוש ההכרח.

ג.

מראה הגשם:

האדם בהביטו על איזה גשם יכירו בתכונה גשמית ולא בתכונה שטחית. לא מרובע יקום לעינינו אך מעוקב אשר ימלא מקום ששמה ימצא. את התכונה הגשמית תרגיש העין (אף כי עור הרשת יצויר ציור שטחי) בעזרת התנועות השונות אשר תתנועע העין ובראותה ציורים שונים המתאחדים להוליד הרגשת ציור בעל תכונה גשמית. האדם יביט בשתי עינים אשר תפנינה מול הנקודה אשר אותה שם למטרת מבטיו, כל עין תרגיש ציור שונה, לאמר ציור הנעתק ממקומו כאשר יוכל כל איש להוכח בהביטו על איזה גשם שהגשם יעתק ימין ושמאל בסגרו עינו האחת ובמהרו לפתוח הסגורה ואת השנית יסגור, וראות שני הציורים בהתאחדם הוא ראות ציור הגשם בתכונה גשמית. יצא מדברינו כי שני שטחים יראו לעינינו בתכונה גשמות אם נוכל לאחדם לציור אחד והעין תראה את הציור הכפול. בפועל נערכו כלי ראות כאלה אשר יקראו בשם מראה-גשם (ציור 49) וזאת הרכבתם ובנינם:

a,a הן שתי עיני האדם; b,b המה חצאי זכוכיות גבנוניות הפונות בקציהן זאת למול זאת, וגם d,d המה לוחות הציורים השטחיים. שני הציורים השטחיים d,d יגיעו לעיני (aa) האדם המביט דרך שתי חצאי העדשות dd אשר בעזרת שבירת קרני האור יראה האדם ציור f המגושם מהתאחדות שני הציורים. הציור הכפול i יראה בתכונה גשמית.

שני הציורים d,d אשר יובאו במרחק הראיה, תואר אחד יהיה להם אך לא שוים יהיו זה לזה, יען כי שני הציורים האלו יראו בדמות שני הציורים אשר יראה האדם בהביטו על איזה גשם בכל אחת משתי עיניו זאת אחרי זאת הבנין הזה יסוגר בכלי אשר שני קנים קטנים ימצאו בו ששתי חצאי זכוכיות הגבנוניות b,b תושמנה בהן, והעינים תביטנה דרך שני הקנים על הציורים השנים, אשר יתאחדו לציור אחד שלם.

מראה הגשם הוכן בראשונה מאת ממציאו ומבאר אופן עשיתו (1833) ווהעאטסטאָנע בהרכבת מראות, אשר הנה יאחדו את הציורים השנים בעזרת הכפלת האור. ומאד יפו הנסיונות אשר נערכו בו: אם נביא במקום לוחות הציורים שני לוחות ניר מצבעים שונים אז נראה במקום הציור I את הצבע המעורב של שני הצבעים הראשונים. ושני צבעים משלימים (קאָנ־פלעמענטאַרפארבען) (VI; ז.) יולידו בהתאחדם אור לבן.



ד.

מבנה כלי-מגדיל.

ישנם חמרים שונים אשר בסבת קטנם תקצר כח הראות להרגיש את החמרים ההם, יען כי אות הראיה קטנה היא מהוליד הרגשה עלי הבדים והשבטים מרגישי האור (V; ט.) לכן כל חיתו היציקה והאבק הדק למאד יעלמו מהעין המבטת, אם נרצה לראות גם אותם נטל עלינו להגדיל את זוית הראיה שלהם הקטן למען יראו. את חפצנו זה נמצא על ידי זכוכית שורפת (IV; ט.) כאשר ראינו כבר וכאשר נבאר פה בעזרת ציור (50) לפי חקי שבירת האור:

קוי האור היוצאים מהגשם הקטן העומד במרחק כזה מן זכוכית הגבנונית AB, הקטן מן מרחק השרפה של הזכוכית הזאת ישברו כרת השבירה וציור משולל (IV; ט.) יקום באיזה מקום הרחוק מן הנקודה F, וקוי האור האלה, אשר יגיעו (אחרי השברם) לעין המביט יפלו על עור הרשת בנטיות שונות, אשר במקום ראית אוסף קרני האור היוצאות מנקודה אחת שמה הוא ציורה השלילי, וקבוץ הנקודות הרבות האלה הוא ציור הגשם הקטן acb, והוא הציור המשולל a′c′b′ הגדול הרבה והעומד בתכונה ישרה כמו הגשם המובט.

כאשר ראינו כי כל גשם קטן אשר מרחקו מן איזה זכוכית גבנונית הוא קטן מן מרחק השרפה הפשוטה יתגדל למראית עין המביט מהעבר השני של זכוכיות הגבנונות לכן הגופים הקטנים הרבה, אשר בסבת קטנם לא יוכלו הראות (V; ט.) ואף בעזרת זכוכית גבנונית יראו יקראו גופים

מיקראסקאפים, והזוכית הגבנונית AB תקרא בשם מיקראָסקאָפּ או כלי־מגדיל גופים קטנים.—

כל אשר נקרב יותר את הגשם הקטן המובט acd אל הזכוכית ונרחיקנו בזאת יותר מן הנקודה F כן תעלה התגדלות הגשם ההוא; ואולם כל איש ואיש יביא את הגשם במקום קצוב למען יראנו היטב, והמקום הקצוב הזה איננו שוה לכל האנשים יען כי מרחק ראית האנשים שונה הוא לפי עיני איש ואיש (III$_\Lambda$; ב.), לכן גם כמות ההתגדלות של איזה גשם המובט דרך איזה כלי מגדיל איננו שוה הוא בכל איש. גם זאת נקל להבין כי לפי קטנות מרחק שרפת הזכוכית המגדלת כן תעלה מדת התגדלות הגשם. מדת ההגדלה של כלי-מגדיל הוא הערך היוצא מהתחלקות מרחק ראות האדם על מרחק השרפה, והערך הזה הוא ערך ההגדלה הקוי (לינעארע (VII; ג.).

בראשית הימים הבינו כלים-מגדילים באופנים שונים, אשר מדת הגדלת הגשמים הנראים תקצב לפי מספרים שונים, כי ישנם אשר מדת ההגדלה היא 5, וכן ישנם אשר מדת ההגדלה היא יותר מאלף כאשר עוד נדבר מהם, בדברנו אודות כלים המגדילים השונים. זכוכית גבנונית אשר מרחק שרפתה היא לא קטן מן גדל הסענטימעטער תקרא לופא (Loupe).

ה.

כלי-מגדיל מורכב.

במספר כלים המגדילים השונים תתחשב גם זכוכית המגדלת בתכונת עיגול עמוד (צילינדער) וזה אופן מעשיה: זכוכית ארוכה בתמונת עמוד־עגול, אשר שטחי כדור יגבילוה משני קצותיה. שטחי הכדור האלה שונים המה בכדריותם ואחד ימצא בתוך נקודה השורפת של השניה, והגשם הנדבק על השטח הכדורי מעט יראה בתמונה מגדלת בזכוכית המגדלת הזאת מקום הגשם קצוב הוא גם בטוח הנהו מהתנועות השונה כי ינוח הכן על מקומו מבלי כל תנועה קלה המפרעת את ההבטה; אולם גם כלי הגדלה שונים הוכנו באופן כי הגשם המובט ינוח על עמדתו (שטאטיף) המיוחד בעדו למען לא יתנועע הנה והנה.—

כן נמצאו כלים מגדילים הערוכים באופנים שונים. ישנם כאלה הנמצאים בידי חוקרי הטבע המעמיקים לראות ולהביט על יצורי הטבע היותר קטנים, גם יביטו בהם עלי ירק דשא וגדול הצמחים, וכן ימצאו כאלה בידי סוחרי בד להכיר את אריגת הבד וכדומה. כן נפגש לפעמים בידי החוקרים כלי-מגדיל מכופל ומורכב, לאמר: זכוכיות אחדות תמצאנה בו, והוא ערוך

באופן כזה (הקרוב לבנין קרן החזות): אחרי זכוכית המבטת (אָקולאַר) תמצא זכוכית גבנונית שניה, אשר מרחק השרפה שלה קטן הוא הרבה מן מרחק השרפה של הזכוכית המבטת, והגשם המובט יובא אחרי וקרוב אל נקודה השורפת של השניה. התמונה אשר תצייר הקטנה תראה לעין המביט בעזרת זכוכית מגדלת (לופע), הראשונה כאשר אמרנו כבר. גם נוכל להביט על הגשם המובט בתכונה אופקית בעזרת פריסמע המחזרת את כל. האור (טאָטאַל רעפלעקסירענדע פריסמא) (XII)*) כי זכוכיות כלי המגדיל הכפול יתנו בתוך קנה העומד בתכונת אנך (לאָטהרעכט).

מבלי כל אלה גם ענין אחר נתן לחוקרי הטבע לענות בו והוא להשבית את החסרונות השנים המשביתים את תאר הגשם מטהרו, אשר יקראו בפי חכמי הטבע בשמות: התפרדות צבעי האור בהשברו (כראָמאטישע אב-וועיכונג), ובלתי שווי השתברות האור בקשתיות (ספארישע אבוועיכונג) וכאשר צלחה בידי החכמים למצוא תחבולות ולהגות את המגרעות האלה מני דרך חקירתם ראו ראשית להם להכין גם את הכלים המגדילים שלהם באופן נאות החפשי מהמגרעות הנזכרות כן גם יוכנו כלים המגדילים באופן אשר גם הכנה להאיר תמצא קרוב אל הזכוכית המגדלת להאירה באור גדול כדרוש, מהם ימצא עדשה זכוכית, ומהם מראה שקערורה להאיר באור גדול, או גם במראה ישרה להפיל קרני אור ההולכים בתכונה מקבילות (פאראלעל), אולם פעמים תביא זכוכית משולשת (פריסמא) תועלת להביא אור צדדי ולנטותו לפול על גשם המובט דרך המיקראסקאפ. הכל לפי הגשם והכל לפי הכנת המיקראסקאפ כן ישונו המאירים.

ו.

טיב כלי-מגדיל וכלי-מגדיל שמשי.

טיב כלי המגדיל יוכר אם יראה גשם מוגבל בגבולים נכרים וקצובים היטב, אשר רשומם יוכר וגם לא יראו בצבעים שונים. למדוד טיב כלי מגדיל הוכנו ציורים קטנים, המה קוים קטנים מאד ומקבילים אחד לרעהו, ובמלא רחב מילימעטר אחד ימצאו קוים כאלה לאלפים, וכל אשר יכיר כלי המגדיל את הקוים השונים ויוכל להפריד ביניתם כן יעלה מעלת כלי המגדיל. למדוד את מדת ראות ההגדלה הנראה בעד איזה כלי מגדיל נוכל באופן הזה: שטח מחולק על חלקים קטנים הגדולים כמו גדל המילימעטר. יבחר להיות הגשם המובט, הנראה בעזרת כלי מגדיל בתמונה מגדלת לפי ערך הערכת כלי המגדיל. דמות השטח המחולק

*) המאמרים XVI – IX יודפסו אחרי זאת המאמרים האלה לאור בתור חלק שני — שמה אבאר את כל מעשי התכות השונים מפלאי עין האדם, חכמת הצבעים, נתוח האור תכונות האור גם מהות האור בביאור נכון וארוך לפי חקירות חכמי הטבע אשר בימינו אלה.

הזה יובא בעזרת זכוכית משולשת המחזרת את כל האור על שטח אחר המחולק על מדת המילימעטר, ולפי מדת התכסות כן נוכל להעריך מדת ההגדלה, לאמר: אם נמצא כי מרחק שני קוים של הגשם המובט הוא שלשה מילימעטר נדע כי מדת ההגדלה היא שלשה.

מלבד כל התכנות השונות והשנוים אשר עברו על כלי המגדיל, ראו עוד חכמי הלב להכין כלי מגדיל כזה אשר בזמן אחד יוכלו אנשים שונים לראות ולהביט עלי גשם מובט אחד, והוא כלי מגדיל אשר זכוכיות רבות בתור מביטות (אָקולארע) תמצאנה בו. אולם טוב מזה הוא כלי מגדיל השמשי (זאָננען מיקראסקאפ) וזה אופן מעשיהו:

קוי אור השמש המקבילים, אשר ישובו מאיזה מראה מלוטשת יחדרו בתוך איזה קנה המושם בחור הקיר העומד נגדה, קוי האור האלה יתקרבו יותר אחד אל רעהו ויתקבצו בתוך נקודה אחת, נקודת האוסף, בעזרת שתי זכוכיות גבנוניות אשר תמצאנה בתוך הקנה, כאשר נבין, אור הנקודה הזאת גדול מאד, ולכן אם נביא בנקודה לא רחוקה מן נקודת האוסף את הגשם המובט הנתון בין שתי לוחות זכוכית יואר הגשם הזה באור עצום למאד. קוי האור היוצאים מן הגשם המובט הזה ישברו בעברם דרך זכוכית גבנונית, אשר ירחקה מן הגשם הוא גדול מעט מן מרחק נקודת שרפתו הראשית, ובאיזה מרחק גדול יצויר עלי לוח מקבל האור ציור הגשם המובט בתמונה גדולה למאד, הכל לפי מרחק הזכוכית הגבנונית מן הגשם ולפי מרחק הלוח המקבל האור, ולכן נוכל להגדיל את מדת הציור הנראה כפי חפצנו: למען הפיל קרני האור על הזכוכיות הגבנוניות בנטיה שוה הוכן המראה המכפלת האור באופן אשר בעזרת שראובע נטנה כפי חפצנו. עוד ימצא כלי מגדיל אחר, אשר גשם המובט יואר בעזרת העלעקטרא באופן אשר הגחלים הלהוטים מעלעקטריא ימצאו בתוך נקודה השורפת של מראה עקומה ושורפת, אשר אז תחזיר קוי האור לילך בתכונה ישרה, מקבילים אחד לרעהו, ובתכונה כזאת יפלו עלי הגשם אחרי השברם והתקרבם זה לזה בעזרת זכוכיות גבנוניות. כלי המגדיל הזה יקרא „כלי מגדיל ערוך באור העלעקטריא" (פֿאָטאָעלעקטרישעס מיקראָסקאָפ). בעזרת כלי מגדילים כאלו יוכלו אנשים רבים ובזמן אחד להתבונן על גשם מובט אחד, כמובן

ז.

כלי-מגדיל כפול.

כמו הסטערעאָסקאָפ (VIII ; ג.) העשוי להביט על גשם אחד בשתי עינים כן הוכן כלי-המגדיל גם הוא להביט על דמות הגשם הנגדל בשתי העינים מבלי נאלץ עוד להעצים עין אחת בהביטנו בו, „כי טובים השנים מן האחד" (v ; יב.). לזאת נעריך שני כלים מגדילים שיעמדו הכן וערוך לשתי העינים ונטוים יהיו למול גשם אחר, לאמר: שני הציורים הנראים בהם יראו כאלו יתאחדו ויהיו לעצם אחד. כלי-מגדיל הכפול של נאכע (1854) היה ערוך באופן כזה אשר נזכירו עתה: אחרי הגשם המובט תעמד זכוכית גבנונית מציירת (אָבזעקטיווע). אשר היא תאסף את קוי האור היוצאים מן הגשם ותשנה את נטית מהלכם לנפול בתכונה קצובה על המבטת. קוי האור האלה אחרי צאתם מן המציירת בנטית הדרך אשר חלקתה להם יפגשו במהלכם זכוכית משולשת אחת, אשר מופנה היא במכונה (IV; ה.) אל המציירת. ואחרי בואם בתוך הזכוכית ובפגשם את שתי הצלעות המשברות בנטיה הקטנה מן 42^0 לא ישברו אך יחזרו לאחור בהפרדם לשני ראשים, אשר כל צלע משברת תחזיר חצי האור החודר בתוך הפריסמא להצלע שכנגדה לעבר השני. ושם יעבור דרך הצלע השניה בלי שבירה כי יפול עליה בלי נטיה. כל חלק של האור הזה המפורד לשני ראשים יפגשו שנית זכוכית משולשת המחזרת את כל האור, ואשר יובילו את האור בתכונה מקבלת ולבלי ילכו להתרחק הרבה אחד מרעהו. על האור הזה יביט האדם בעזרת זכוכיות מביטות (אקולארע). החכם הענגלאנדי וועננהאם העריך באופן אחר, והוא: תחת

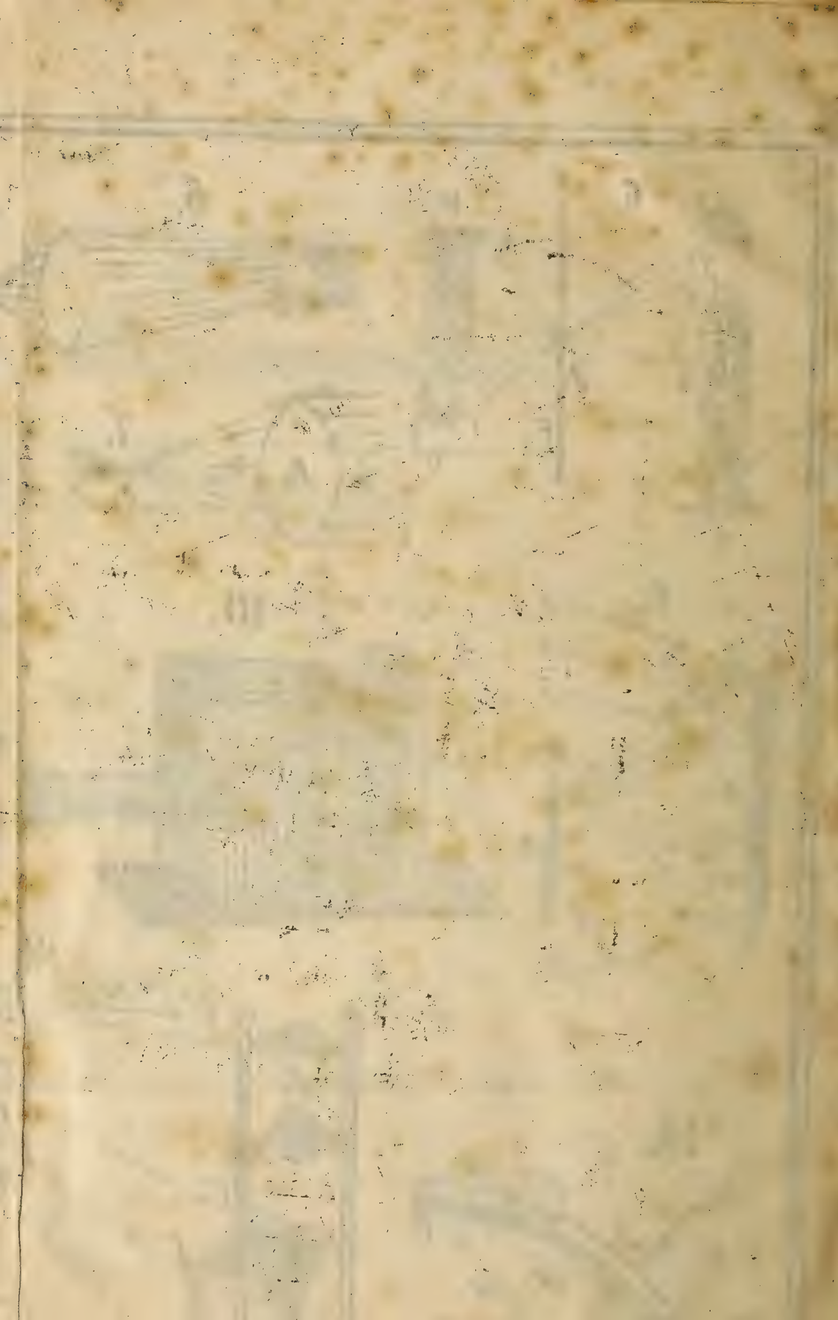
חזרת האור (רעפלעקסיאָן) אשר אותה בחר החכם נאבע הצרפתי להביא את קרני האור בעזרתה לתכונה נאותה, בחר הוא בהזרת האור, באופן אשר קרני האור תעבורנה דרך שתי זכוכיות משולשות של קראון (קראונגלאס) הנוגעות בקרניהן המשברות זו לזו. גם זכוכית משולשת של פלינט (פלינטגלאס) תחובר אליהן להסיר כל צבע מקצות תמונת הגשם המובט (vii; ו). כלי-מגדיל כזה יקרא כ ל י-מ ג ד י ל כ פ ו ל (בינאָקולארע), והמביט יחגרנו על שתי עיניו כמו משקופים.

עתה, אחרי כלותנו לדבר אדות התערכות ובניני כלים המגדילים השונים, נשוב מעט לאחור להתבונן שנית על כלי מגדיל מורכב: שתי הזכוכיות תושמנה בתוך קנה הארוך מעט. הקנה הזה ימצא בתוך קנה שני אשר בעזרת יתד בעלת גלילים (שראובע) נוכל להוציא הראשון מהשני או להכניסו עוד יותר בו. בקנה השני יוקב חור אשר שמה יובא לוח זכוכית, ועל פניו ימצא הגשם המובט. בעזרת היתד בעלת הגלילים שזכרנו נוכל לקרב או לרחק את כלי-המגדיל אל או מן הגשם עד אשר ימצא במקום אשר משם יראה היטב. להאיר את הגשם הזה הוכן, אם גשם שקוף הוא-זכוכית מאירית בקנה השני קרוב לקצהו התחתון, ואם גשם בלתי שקוף אך עכור הנהו יואר בעזרת זכוכית מאירית הנמצאת ממעל להגשם מחוץ לקנה. זאת היא תבנית התצונה המורגלה של כלי מגדיל, כי אין ימצאו כלים מגדילים אשר יתדות בעלי גלילים רבים ושונים ימצאו בם לתועליות שונות, הכל לפי רצון העורך לעשות. ערך הגדלת כלי מגדיל מורכב הוא הערך אשר יצא לנו בכפלנו מדת ההגדלה של המבטת עם המציירת.

ח.

חזות הכל.

נשובה נא רגע משדה החקירה להתבונן מעט על מעשי בני אדם ועלילותיהם בתבל. מה רבו מעשי חכמים בכל ענפי החכמה, מה רבו חקרי לבם. שמים לרום וארץ לעומק כספר נגולו לפניהם, בחכמתם עברו מעל ומתחת למים רבים, הגביהו עוף מנשרים. איה סיפר איה שוקל את כל מפעלות חכמי תבל אשר הפליאו לעשות הגדילו תושיה, לב מי לא יתרגש ומי לא יאציל אלפי ברכות להכמים ויותר לחכמי הטבע. על אשר גרשו את חשכת הבערות ויאירו אור חדש בתבל, אור נעים אור מתוק וטוב לעינים ולא נגשש עוד כעור באפלה בהביטנו על תבל ומלואה. בכלי הראות אשר מצאו לנו (המגדילים עד 5000 פעמים) נראה מרחבי אין קץ גרמי השמים בגדלם הנורא כמו חיים יתיצבו לנגד עינינו. אף קטני ארץ (האינפוזאריען) (שקטנם 400 מיליאן מגדל החטה) לא יסתרו מנגד עינינו, כלי הראות עזרו לכל חכמה ומדע להרימה מעלה מעלה, גם לחכמת הרפואה אשר היתה עד כה שקועה בהבלי שוא עזרו לא מעט כי פתחו עינינו לראות את חית היציקה אשר ישחיתו את גו החולים, בקצרה: עברה עת ההושך ועת האור עתה הנה באה. ואם נשאל את האדם אן מגמת פניך? קדימות –יענה– לגלות פני הלוט הלוט על פני מחזות הטבע למען תהיינה מחזות החיים בשלמה פרושה לעינינו ותמלא כל ארץ דעה כמים לים מכסים זה כל חפץ האדם באשר הוא אדם, וישעו כל הימים,



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16.

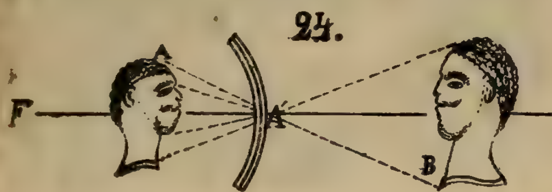
ירקרק ירוק

A B C D E F G H

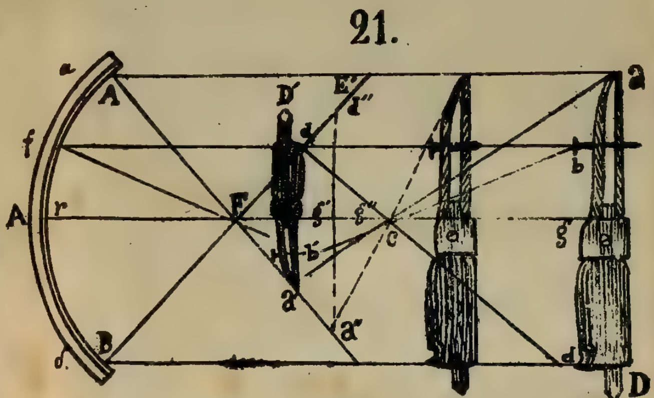
10° 20° 30° 40° 50° 60°

לוח א

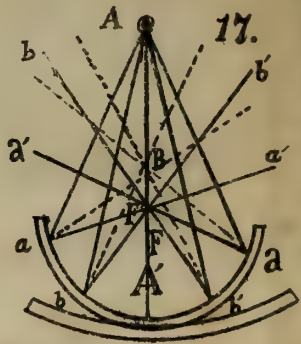


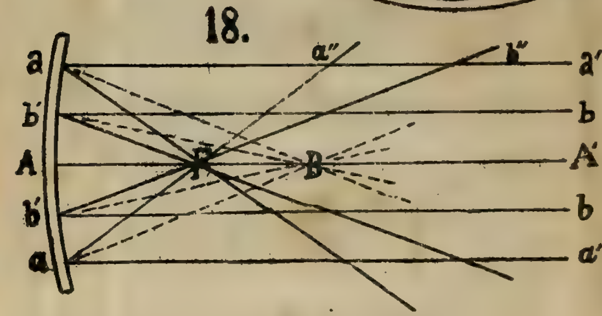


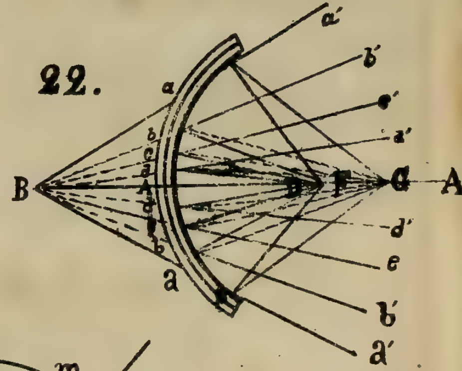


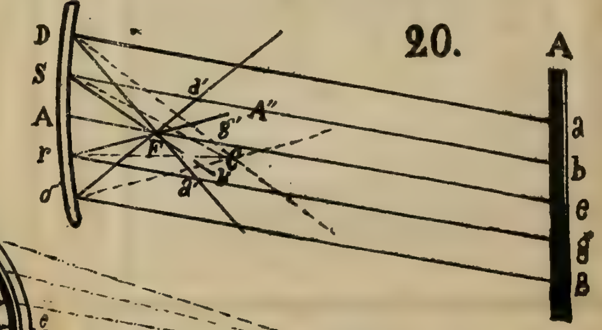


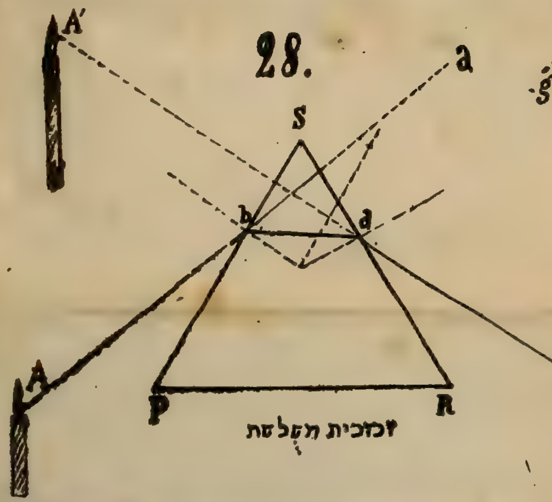




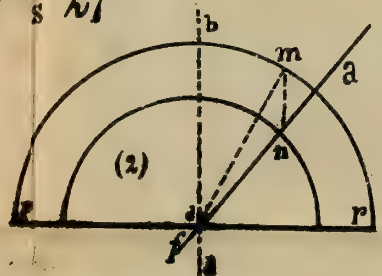




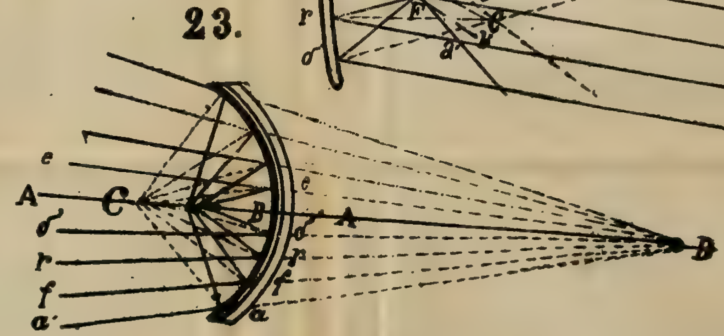


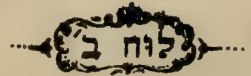


זכוכית משלשת



רשימה מדידית (ציור 27)







46. 45. 43. 40. 33. 31. 29.

48.

34.

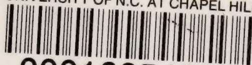
49. 50. 42. 41. 39. 37. 35. 30.

44. 38.



לוח ג׳




UNIVERSITY OF N.C. AT CHAPEL HILL
00016854904